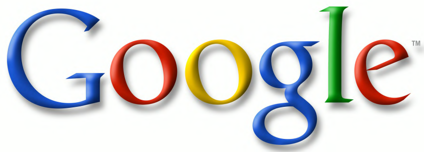




GRUNDRISS

DER

GEOLOGIE.

Holzschnitte
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

GRUNDRISS

DER

GEOLOGIE

VON

CARL VOGT.

MIT 473 IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1860.

Vorrede.

Der vorliegende Grundriss wurde grossentheils nach dem in zwei Bänden erschienenen Lehrbuche der Geologie und Petrefactenkunde bearbeitet. Er soll zum Leitfaden bei Vorlesungen und zum Compendium für Studirende dienen. Die Versteinerungen wurden nur in sofern berücksichtigt, als sie zur Bestimmung und Unterscheidung der Schichten dienen.

Genf, den 1. Juni 1860.

C. Vogt.

Systematisches Inhaltsverzeichniss.

Specielle Geologie.

Jetzige Bildungen.

Ungeschichtete Gesteine.

***



Einleitung.

Gegenstand und Umfang der Geologie. Die Geologie beschäftigt sich vorzugsweise mit der Erforschung der inneren Structur unseres Erdballs und namentlich der uns allein zugänglichen Rinde desselben. Sie sucht die Erscheinungen zu ermitteln, welche eine Folge dieser Structur sind, und leitet aus denselben die Gesetze ab, nach welchen diese Erscheinungen selbst in ihrer historischen Folge oder in ihrer Verbindung mit einander auftreten müssen. Die Geologie ist demnach wesentlich eine positive Wissenschaft, als deren Grundlage die Anatomie des Erdkörpers in seinem grossen Ganzen, wie in seinen einzelnen Theilen erscheint. Ueberall, wo der Geologe auch seine Blicke hinwenden möge, findet er Stoff zu Beobachtungen über die Structur des Bodens, den er betritt, über die Zusammensetzung der Gesteine, welche in die Bildung dieses Bodens eingreifen, über die Veränderung derselben durch Luft, Wasser und andere Agentien. Von diesen zunächstliegenden, unmittelbar sich darbietenden Gegenständen erhebt sich sein Blick zu der Untersuchung ganzer Landstriche und Continente; — er untersucht das Verhältniss in der Vertheilung zwischen Festland und Wasser, die Höhenstufen und Terassen, welche der Continent bietet, den Lauf und die Zusammensetzung der Bergketten, der Thäler und Flussrinnen, welche die Oberfläche in mannigfaltiger Abwechslung durchziehen. Die innere Structur dieser Ketten und des gesammten Landes schliesst sich in dieser Weise seinen Forschungen auf; er sucht nun zu ergründen, welche Ursachen bei §. 1.

den verschiedenen Bildungen mitgewirkt haben; wie diese Schichten, die unregelmässigen Massen, die Seebecken, die Thalgründe und Höhen entstanden, welchen Einfluss sie jetzt und während ihrer Bildungszeit auf die nächste Umgebung, auf das Land, auf den Erdkörper selbst ausgeübt haben mögen. So an der Hand der Thatsachen zurückschreitend, gelangt der Geologe endlich zur Uebersicht des gesammten Erdballs, zu Schlüssen über das Verhalten seines Inneren, über die verschiedenen Schöpfungen, die ihn früher belebten, über die Urzeit des Planeten, bevor organische Wesen sich auf seiner Oberfläche entwickelt hatten.

§. 2. **Beziehungen zu anderen Wissenschaften. Zur Astronomie.** — Man ersieht schon aus dieser Darstellung, dass die Geologie vielfache Berührungspunkte mit anderen Wissenschaften hat, die als besondere Zweige der Naturwissenschaften behandelt werden. Die Masse des Erdballs, seine allgemeine Form, seine Dichtigkeit, die Gesetze seiner ersten Bildung, das Verhältniss zwischen Festland und Meer, können nur auf denselben Wegen entwickelt werden, deren sich die Astronomie bedient, um die Verhältnisse der Planeten zu erforschen, und die Geologie muss nothwendig mit diesen Gegenständen sich beschäftigen, da ein grosser Theil der Schlüsse, welche sie zieht, auf der Erforschung dieser Verhältnisse beruht. In Beziehung auf die Geschichte des Erdkörpers ist die Geologie nur die Fortsetzung der Astronomie; — während diese gewissermaassen die mythische Zeit ihrer Entstehung durch Analogie mit Nebelflecken zu ermitteln sucht und diejenigen Verhältnisse besonders ins Auge fsst, die der Erde als einem Sterne unter den Sternen zukommen, beschäftigt sich die Geologie mit der Entzifferung der Chronik, welche in der Erdrinde eingezeichnet ist.

§. 3. **Zur physikalischen Geographie.** Nicht minder wichtig sind die Beziehungen der Geologie zu der physikalischen Geographie, als deren Zweig man sie oft auch behandelt hat. Der Einfluss der Schwere auf die Erde im Ganzen, auf ihre Bewegung und auf ihre Dichtigkeit, auf die Atmosphäre, auf die Vertheilung und Bewegung der Flüssigkeiten, welche sich auf der Erdoberfläche finden, sowie auf die Absätze aus denselben; — die Wirkungen der Flüssigkeiten auf die äussere Gestaltung des Erdballs; — der Einfluss der Wärme, die Gesetze derselben und ihre Anhäufung im Inneren der Erde; die vulcanischen Er-

scheinungen; die Vertheilung der Temperatur auf der Oberfläche, in der Atmosphäre, auf dem Festlande und in dem Wasser; — die Bewegungen und Niederschläge der Atmosphäre, — alle diese mannigfaltigen Kräfte, mit deren Wirkungen die physikalische Geographie sich befasst, haben in geologischer Hinsicht ihre bestimmten Spuren zurückgelassen, deren weitere Verfolgung der Geologie angehört, wenn auch die Ermittelung der Kräfte selbst wesentlich in das Gebiet der physikalischen Geographie fällt. Eine Grenzlinie zwischen beiden Wissenschaften zu ziehen ist deshalb ebenso unstatthaft, als auf der anderen Seite ihre Verschmelzung unmöglich ist, indem die Entwickelung der einzelnen Localverhältnisse für die eine Wissenschaft nur zuweilen, für die andere aber unumgänglich nöthig ist.

Zur Mineralogie. Die einzelnen Stücke, welche die Erdrinde zusammensetzen, bilden eine Art von Mosaik, die wieder aus kleineren Theilen, den einzelnen Mineralspecies, zusammengesetzt ist. Die Kenntniss der meist zusammengesetzten Gesteine und ihrer Bildung beruht demnach wesentlich auf der genauen Kenntniss der einzelnen Mineralien, die besonders durch Krystallform und chemische Zusammensetzung sich charakterisiren. So bildet denn die Mineralogie eine der wesentlichsten Grundlagen der Geologie, und von besonderer Wichtigkeit ist namentlich die erst in neuerer Zeit mit Glück in dieser Wissenschaft angebauete Richtung, welche die Entstehungsgeschichte der Mineralien aufzuklären sucht. Die Structur und Zusammensetzung eines einzigen Krystalls kann oft die wesentlichsten Aufschlüsse über die Entstehungsweise des gesammten Gesteines liefern, in welchem das Krystall sich findet, und die Pseudomorphosen, d. h. diejenigen Umwandlungen der krystallisirten Mineralien, in Folge deren dieselben eine andere Form zeigen, als ihnen ihrer chemischen Zusammensetzung nach zukommen sollte, sind in dieser Beziehung besonders eine wichtige Fundgrube für die Geologie geworden. §. 4.

Die Lithologie oder Gesteinslehre, die als ein Theil der Geologie behandelt werden muss, ist demnach nur eine aus der Mineralogie abgeleitete Wissenschaft, welche diejenigen Gebilde kennen lehrt, die auf der Erdoberfläche in grösseren Massen auftreten, und meistens mehr oder minder wohl charakterisirte Gemenge aus verschiedenen Mineralien darstellen.

Zur Chemie. In allen diesen Forschungen wird die Mineralogie wesentlich von der Chemie unterstützt, die §. 5.

durch die Genauigkeit ihrer Methoden und die Sicherheit ihrer Resultate stets mehr und mehr zu der entscheidenden Stelle berechtigt wird, die sie in vielen Fragen spielt. Die Absetzung der verschiedenen mineralischen Massen, ihre allmälige Veränderung durch oft kleine Kräfte, deren winzige Wirkungen erst durch Summirung nach langer Zeitdauer in die Entscheidung treten, die Verwitterung und die Zerstörung sowie die Neubildung aus diesen zerstörten Massen lassen sich nur an der Hand der Chemie untersuchen und ihren einzelnen Entwickelungsmomenten nach darstellen.

§. 6. **Einzelne Zweige der geologischen Wissenschaft. Geognosie. Paläontologie.** Man hat häufig unter dem Namen der Geognosie die rein empirischen Theile der geologischen Wissenschaft auszuscheiden versucht, welche sich hauptsächlich mit der Anatomie des Erdkörpers und der Zusammensetzung der Erdrinde beschäftigen. Man hat dieses Wort bald in Opposition gegen das Wort Geologie gebraucht, mit welchem man dann den mehr speculativen Theil der Wissenschaft zu bezeichnen suchte, wo man namentlich sich mit der Entstehungsgeschichte des Erdkörpers beschäftigte; in anderen Fällen setzte man der Geognosie die Paläontologie oder Versteinerungskunde gegenüber, die nach und nach sich zu einer selbstständigen Wissenschaft emporgeschwungen hat und sich weit mehr an die Zoologie und Botanik anlehnt, indem sie aus der heutigen Schöpfung den Schlüssel zur Enträthselung der versteinerten Ueberreste zu entnehmen sucht. Während man anfangs nur die Merkwürdigkeit des Vorkommens fossiler Ueberreste organischer Wesen, die früher auf der Erde gelebt hatten, in das Auge fasste, wurde man allmälig darauf geleitet, eine gewisse Gesetzmässigkeit in der Vertheilung derselben anzuerkennen. Man fand, dass bestimmte Schichten, welche sich durch ihre Einlagerung zwischen anderen als gleichzeitige Ablagerungen in entfernten Localitäten erkennen liessen, auch dieselben versteinerten Ueberreste in sich schlossen, und man gewann so nach und nach einen Standpunkt, von welchem aus die einzelnen Versteinerungen wie Münzen oder wie Inschriften betrachtet werden konnten, deren Einschluss in einer bestimmten Gesteinsschicht die Epoche der Ablagerung derselben bezeichnete. Die Art und Weise, wie diese Einschlüsse stattgefunden hatten, die Veränderung, welche diese organischen Reste während der Versteinerung erlitten hatten, lieferten wichtige Thatsachen zu der Erkenntniss

der Schichtenbildung selbst und der Aufeinanderfolge der einzelnen bildenden Processe in der Erdgeschichte. Die Versteinerungen sind so einerseits dem praktischen Geologen Erkennungszeichen für diejenigen Massen von geschichteten Gesteinen, welche an verschiedenen Localitäten sich finden, anderseits Register und Inschriftensammlungen für die Processe, welche an diesen Orten die Schichtbildung förderten oder später umbildend auf sie einwirkten. In dieser Richtung werden wir sie auch in dem vorliegenden Grundrisse behandeln, während wir die ganze andere Seite der Paläontologie, die sich auf Erkennung und Vergleichung der versteinerten Ueberreste mit den lebenden Schöpfungen bezieht, gänzlich ausser Acht lassen. Diese letztere Seite verlangt eine genaue Kenntniss der jetzigen Thier- und Pflanzenschöpfung, eine stete Vergleichung des Baues derselben mit den oft verstümmelten und unvollständig überlieferten Versteinerungen, und bedarf zu ihrer vollständigen Erledigung anderer Kenntnisse und anderer Hülfsmittel als die hier vorausgesetzten.

Betreibung des geologischen Studiums. Reisen. Fussreisen. Zeit der Reisen. Die Geologie unterscheidet sich von den meisten anderen Wissenschaften durch die Art und Weise, in welcher sie betrieben werden muss. Der Geologe findet die Gegenstände seines Studiums nicht in seinem Cabinet, sondern draussen in der freien Natur; er kann nicht wie der Astronom in seinem Observatorium sitzend erwarten, dass der Beobachtungsgegenstand an ihm vorüberkomme, sondern er muss wie der Prophet zu dem Berge hingehen, weil dieser nicht zu ihm kommt. Reisen sind demnach ein wesentliches Bedürfniss des praktischen Geologen, und er muss sich daran gewöhnt haben, seine Beobachtungen im Freien, mit möglichst wenigen Hülfsmitteln und mit möglichst geringer Beachtung der Uebelstände, die aus dem Wetter, dem Klima und dem Gedränge der Neugierigen entstehen, mit vollkommener Freiheit anstellen zu können. Die meisten Beobachtungen können sogar nur auf Fussreisen angestellt werden. Man muss unmittelbar auf dem Boden stehen, um seine Verhältnisse, seine Structur, seine Einschlüsse untersuchen zu können. In einförmigen Ländern, wo die Bodenstructur meilenweit dieselbe bleibt, können freilich andere Transportmittel genügen; da aber, wo einige Verwickelung herrscht und wo es sich darum handelt, genau umschriebene Localitäten bis in ihre Einzelnheiten zu erförschen, ist die Bewegung zu Fuss unumgänglich nothwendig. In unseren Ge- §. 7.

genden ist die geeignetste Zeit zu geologischen Excursionen der Spätsommer, wo die Felder abgeerntet, und das Betreten der Aecker und Gehege erlaubt ist. An manchen Orten muss man sich freilich nach den besonderen Bedürfnissen der Localität richten; viele Gegenden können nur bei niedrigem Wasserstande, andere, wie höhere Gebirge, nur im hohen Sommer besucht werden.

§. 8. **Hülfsmittel. Karten.** Das erste Bedürfniss ist eine gute Karte der Gegend, und wenn möglich eine solche Karte, welche schon nach den Arbeiten der Vorgänger die geologische Beschaffenheit selbst angiebt. Die topographischen Karten, wenn sie gut ausgeführt sind, geben zwar schon an und für sich eine Idee von der Oberflächenbeschaffenheit der Gegend, aber die eingetragenen geologischen Zeichen oder Farben leiten erst unmittelbar auf die wichtigen Punkte, die der Beobachter in das Auge fassen muss. Erst durch die Anfertigung solcher geologischen Karten wurde es möglich, sich einen Gesammtüberblick über die Zusammensetzung ganzer Länder zu verschaffen, und in je grösserem Maassstabe dieselben ausgearbeitet, je mehr untergeordnete Gesteinsgruppen in ihnen eingetragen sind, desto grösser wird der Nutzen sein, den der Beobachter aus ihrer steten Berathung zieht. Man glaube aber deshalb nicht, dass es genügt, einen Reiseplan zu Hause auf der Karte zu entwerfen und dann denselben zu verfolgen; — man muss im Gegentheile die Karte beständig in der Tasche haben, um sie stets vergleichen, ihre Fehler anmerken und verbessern zu können. In Ländern, welche in topographischer Hinsicht noch nicht hinlänglich bearbeitet sind, ist sogar der Geologe oft genöthigt, sich selbst mit der Ausarbeitung einer mehr oder minder genauen Karte zu beschäftigen.

§. 9. **Hämmer. Meissel. Grabstichel. Handstücke. Verpacken der Handstücke.** Zum Untersuchen der Gesteine sind einige Geräthschaften nöthig, unter welchen vor Allem die Hämmer zu erwähnen sind. Man bedarf deren zwei, einen grösseren von etwa 2 Pfund, einen kleineren von 8 bis 12 Loth, der zum feineren Ausarbeiten der Stücke dient, während der grössere zum Zerschlagen festerer Gesteine nöthig ist. Die vordere Fläche dieser Hämmer muss eben und vierkantig, die hintere keilförmig zugeschärft, der Hammer selbst von gutem Stahle und an dem aus zähem Holze bestehenden Stiele mit Eisenzwingen befestigt sein. Meistens bedarf man noch eines Meis-

sels, ähnlich demjenigen, wie ihn die Steinhauer benutzen, und eines vierkantigen Grabstichels ohne Holzgriff, der so eingerichtet ist, dass mit dem Hammer darauf geschlagen werden kann. Man trägt diese Instrumente gewöhnlich in einer Art Ledertasche, die man mit einem Riemen um den Leib oder über der Schulter befestigt. Sie dienen zum Bearbeiten der Handstücke und der Versteinerungen, welche man oft aus dem anhängenden Gesteine losarbeiten muss. Die Stufen werden so viel als möglich in viereckigem Formate von platter Form geschlagen, so dass sie in den Sammlungen eine übereinstimmende Form zeigen. Nach einiger Zeit erlangt man bald hinreichende Uebung, um zu wissen, in welcher Art man ein jedes Gestein behandeln muss, um die passende Form der Stufen zu erhalten. Bei kleineren Excursionen kann es genügen, wenn man in der Tasche selbst einen Raum für das Einsammeln der Handstücke und Versteinerungen hat; meist ist es indessen nöthig, noch eigens einen Tornister hierfür zu haben oder auch einen besonderen Träger, welchen man mit der oft bedeutenden Last bepackt.

Meist genügen diese angegebenen Instrumente, besonders bei weicheren Felsarten. Oft aber ist es nöthig, zu Grubenarbeitern, Steinhauern und Steinbrechern seine Zuflucht zu nehmen, um mit Hülfe der massiveren Instrumente derselben grössere Stücke loszulösen. Alle diese Arbeiter sind zugleich häufig treffliche Helfer und Leiter in unbekannten Gegenden — oft selbst kennen sie die leichter unterscheidbaren Versteinerungen und geben die Fundorte an, sobald man nur ihre oft sonderbaren Bezeichnungen derselben verstehen und in ihre Bezeichnungsweise eingehen will.

Von besonderer Wichtigkeit ist das Verpacken der Handstücke. Meist ist es nöthig, jedes einzelne auf dem Platze in Papier zu wickeln, damit bei längerer Fortsetzung des Transportes die harten Steine sich nicht gegenseitig zerstossen; sobald man mit Localitäten zu thun hat, wo man mehrere Schichtengruppen an demselben Tage untersucht, müssen augenblicklich an Ort und Stelle zu den einzelnen Handstücken kurze Etiquetten zugepackt werden, welche die Herkunft genau bezeichnen. Vorschriften dieser Art dürften kleinlich erscheinen, allein Jeder, der sich praktisch einmal mit solchen Untersuchungen beschäftigt hat, weiss, dass von ihrer Beobachtung zum grossen Theil das Resultat der Untersuchung abhängt, und dass das Verlassen auf das Gedächtniss schon oft Ursache grosser Verwirrung gewesen ist. Viele Beobachter haben, um augenblicklich eine

Bezeichnung beifügen zu können, die Gewohnheit, Stunde und Minute, in welcher man das Handstück nahm, einfach auf die Einwickelung zu verzeichnen und in dem Notizenbuch anzumerken, welche Schicht man zu einer gegebenen Zeit untersuchte. Es wird hierdurch weit eher eine Verwechselung unmöglich gemacht, als bei dem Gebrauch von Ordnungsnummern, wo man sich häufig nicht genau erinnert, welche Nummer man zuletzt gebrauchte.

§. 10. **Notizen.** Bei dem Einsammeln selbst müssen diejenigen Notizen genommen werden, die sich unmittelbar auf die Handstücke und deren Erkennung beziehen. Man bedient sich hierzu am besten eines kleinen Portefeuilles, in welches man Papierhefte legt, die man später ersetzen kann. Besonders dann ist diese Vorsichtsmaassregel unumgänglich nöthig, wenn man an einem Orte sammelt, wo, z. B. an einem Thalrisse, mehrere aufeinanderliegende Schichten verschiedenen Charakters ausgebeutet werden. Entweder untersucht man dann eine Schicht nach der anderen und notirt sich die Zeit, während welcher man bei jeder Schicht verweilte, oder wenn man Trümmerhaufen an dem Fusse des Absturzes untersucht, wo alles unter einander gemengt ist, so sucht man erst aus dem anhängenden Gesteinsfragmente zu ermitteln, welcher Schicht ein jedes dieser Fragmente angehört, das man dann mit einem besonderen Zeichen versieht, dessen Bedeutung man in das Notizenbuch einträgt. Mag man auch noch so müde am Abend ankommen, so muss man es sich dennoch zur unumgänglichen Regel machen, Etiketten und Notizen noch an demselben Abende so zu fixiren, dass eine Verwechselung auch bei längerem Transporte und Untereinanderwerfen der Handstücke unmöglich ist. Auf einer längeren Reise wächst das Gewicht der gesammelten Stücke so an, dass man aus jeder grösseren Stadt das bisher Gesammelte in Kisten verpacken und nach dem Bestimmungsorte einsenden muss. Leicht zerbrechliche Gegenstände, namentlich Versteinerungen, bedürfen zu solcher Verpackung gewöhnlich kleiner Blech- oder Holzschachteln, in welchen man sie noch besonders in Baumwolle einwickelt. Zur genaueren Untersuchung an Ort und Stelle ist auch eine Lupe nöthig, welche man, gewöhnlich in Art einer Lorgnette montirt, in der Tasche an einer Schnur trägt.

§. 11. **Bussole. Bergmännische Bussole. Gradbogen und Loth der Bussole.** Die angeführten Instrumente dienen

zur Untersuchung der Zusammensetzung der Gesteine, sowie zur Loslösung ihrer Einschlüsse. Zur Bestimmung der Lagerung der einzelnen Gesteinsmassen, der Schichten und unregelmässigen Gänge, der Brüche und Rissflächen, sowie der Höhen und Tiefen bedarf es aber noch anderer Instrumente, mit welchen man die Richtung und Neigung der Schichten, ihre Mächtigkeit und Ausdehnung messen kann. Hierzu gehört vor allen Dingen die Bussole, welche in Form einer Taschenuhr gearbeitet und so eingerichtet ist, dass die Nadel durch einen Schieber fixirt werden kann. In Frankreich und England wendet man überall einen Compass an, dessen Kreisbogen gewöhnlich die Eintheilung von 2 zu 2 Graden zeigt, in Deutschland hat man sich mehr an den Bergmannscompass gewöhnt, auf welchem der Halbkreis von Nord zu Süd in 12 Stunden getheilt ist, und ebenso von Süd nach Nord, so dass die Nadel mit dem vorderen wie hinteren Ende stets auf derselben Stunde einspielt. Jede Stunde beträgt 15 Grade, und oft zerlegt man jede derselben wieder in 8 kleinere Abschnitte, der, wie man sieht, etwa 2 Graden entspricht. Meistens ist diese Bussole in verkehrter Richtung getheilt, so dass man nur die Nadel auf die Nordsüdlinie einspielen zu lassen braucht, um unmittelbar die Stunde zu sehen, nach welcher das Streichen der Schicht von dem magnetischen Pole abweicht. Da die Declination der Magnetnadel an weit von einander liegenden Orten sehr verschieden ist, so ist es bei solchen Beobachtungen, welche sich auf grössere Landstrecken beziehen, durchaus nöthig, die Beobachtungen auf den wahren Nord zu reduciren und immer ist es zweckmässig, wenn man bei Bestimmung eines Streichungswinkels angiebt, ob derselbe auf den wirklichen oder den magnetischen Nord sich bezieht.

Zur Bestimmung des Neigungswinkels der Schichten bedient man sich eines Gradbogens, welcher meistens an dem Compasse selbst so angebracht ist, dass er beliebig in die Fassung hineingeschoben und herausgezogen werden kann. Im Mittelpunkte dieses Gradbogens ist ein Faden mit einem Lothe angebracht, welcher zur Bestimmung der senkrechten Linie dient, und so die Abweichung der Schicht an dem Gradbogen leichter kennen lässt.

Zollstab. Barometer. Fernrohr. Niveau. Lupe. Zur §. 12.
Messung der Mächtigkeit der Schichten, der Breite der Spalten, der Ausdehnung gewisser Grenzen bedient man sich entweder eines feinen, aus Elfenbein gefertigten zusammenschlagbaren Zollstabes, der auf der einen Seite in Fusse und Zolle,

auf der andern in Meter eingetheilt ist, oder eines in gleicher Weise getheilten Bandes, das in einer Kapsel sich aufrollt.

Physikalische Instrumente, wie namentlich das gewöhnliche oder das Anéroïd-Barometer zum Messen der Höhen, dürften nur dort nothwendig sein, wo die Höhenbestimmungen noch nicht ausreichend gemacht sind, wie namentlich in wilden Bergketten. In solchen Gegenden ist auch häufig ein Fernrohr durchaus nöthig, um an unzugänglichen Abhängen wenigstens mit einiger Sicherheit die verschiedenen Formationen verfolgen zu können; zuweilen auch wird ein Niveau, mit welchem man von einer Seite eines Thales auf der anderen die gleichen Höhenlinien absehen kann, vortreffliche Dienste leisten. Eine Lupe, meist mit mehreren, verschieden starken Linsen, ist endlich sowohl zur Untersuchung der Gesteine als auch der Versteinerungen durchaus nöthig.

§. 13. **Untersuchung einer Gegend. Orientirung. Untersuchung im Einzelnen. Grenzbestimmung der Schichten. Aufeinanderlagerung.** Die Untersuchung einer Gegend, in welcher man noch nicht bekannt ist, beginne man jedesmal soweit möglich mit dem Ersteigen einer dominirenden Höhe, von welcher aus man die Umrisse der Oberflächenbildung in ihren grossen Zügen auffassen kann. Von dort aus ist es auch gewöhnlich möglich, sich über diejenigen Punkte zu orientiren, welche ohne weitere Vorbereitung hinreichenden Aufschluss über die Structur der Gegend geben. Die Runsen, Spalten und Wasserrisse, die Thaleinschnitte, die nackten Felswände bieten hier die meiste Hoffnung auf günstigen Erfolg. Ebenso sind die Steinbrüche, die Ausschürfungen nach Thon, Sand, Lehm oder Erzen oft an solchen Orten angelegt, die Aufschluss über die Structur einer Gegend geben können. In Berggegenden geben oft die Rollsteine der Sturzbäche, die alten und neuen Anhäufungen, welche von Gletschern gebracht wurden, wichtige Fingerzeige über die Gesteine, welche sich in grösserer Höhe finden. In Mergel, Thon- und Sandgruben findet man oft ganz lose die Versteinerungen, die man an anderen Orten aus den harten Felsen herausklopfen muss. Die künstlichen Einschnitte und Auffüllungen, welche durch Strassen- und Eisenbahnbauten hervorgerufen werden, die Tunnels der letzteren und das aus denselben herausgeschaffte Material sind ganz besonders in das Auge zu fassen.

Hat man in dieser Weise sich über die allgemeinen Züge der Gegend orientirt, ihre geographischen Eigenthümlichkeiten

erfasst und diejenigen Orte gemerkt, wo die Untersuchung am lohnendsten erscheinen dürfte, so geht man an die Untersuchung der Einzelheiten. Das Streichen und Fallen der Schichten, ihre Mächtigkeit, ihr Verhältniss zu einander, ihre Aufeinanderfolge, der Wechsel der Lagerungen an verschiedenen Localitäten wird genau untersucht, die petrographischen und die durch die Versteinerungen gegebenen Charaktere der einzelnen Schichten mit einander verglichen, um auf diese Weise die gleiche Schicht erkennen zu können, deren Fortsetzung vielleicht durch Ackergrund, Wiesen oder Wald bedeckt und dadurch unkenntlich gemacht ist. Von besonderer Wichtigkeit für geognostische Aufnahme der Gegend ist es, die Grenzen der einzelnen Schichten zu bestimmen. Meist liegen diese nicht so offen, dass man einer solchen Grenze vollkommen nachgehen könnte; gewöhnlich sind sie nur hie und da aufgeschlossen, so dass man die Grenze nur an einzelnen Punkten bestimmen kann und auf mehr oder minder lange Strecken dem wahrscheinlichen Verlaufe nach ergänzen muss. Oft können hier die Vegetationsverhältnisse einen sichern Anhaltspunkt geben. So findet man z. B. in solchen Gegenden, wo Kalkschichten mit Mergellagern wechseln, das Ausgehende der Mergellager stets durch reiche Wiesenvegetation und grösseren Wasserreichthum ausgezeichnet, so dass man schon aus der Vertheilung der Cultur die Grenzen dieser verschiedenen Formationen genau erschliessen kann. Ebenso unterscheiden sich in Gebirgen die krystallinischen Feldspathgesteine schon von Weitem durch den reichen Flechtenüberzug von den nackten Kalken. Zur Bestimmung der Aufeinanderlagerung der Schichten sind besonders die Thalrisse, die Querschluchten der Gebirge, die künstlichen Entblössungen wichtig. Steinhauer, Maurer und ähnliche Handwerker können oft die wichtigsten Andeutungen über Lagerungen gewisser Gesteine, über Vorkommen von Versteinerungen geben, die sie gewöhnlich mit eigenthümlichen, oft bizarren Namen belegen. An solchen Orten, welche als Fundgruben wichtig geworden sind, haben sich fast überall Händler etablirt, vor deren Verschmitztheit man sich oft in Acht zu nehmen hat, indem sie, durch den Reiz des Gewinnes angezogen, entweder aus einzelnen Stücken neue Versteinerungen fabriciren oder auch Mineralien, Handstücke und Versteinerungen, an anderen Orten gesammelt, für an dieser Localität gefunden ausgeben.

§. 14. **Reisepläne.** Die allgemeinste Vorschrift, welche man für die Einrichtung der Reisepläne geben kann, besteht darin, dass man die Ausflüge und Tagemärsche in solcher Weise combinirt, um die Trennungslinie zwischen den einzelnen Gesteinen so oft als möglich zu durchschneiden. Der Reiseweg des Geologen soll so viel als möglich in Zickzacklinien über die Gesteinsgrenzen hingehen. Findet man sich in einem Gebirge, das z. B. einen granitischen Centralkern hätte, so würde es zwar nöthig sein, diesen einer Richtung nach zu durchkreuzen, um sich über seine innere Zusammensetzung Aufklärung zu verschaffen, im Uebrigen aber wird man weit mehr merkwürdige Verhältnisse finden, wenn man diesen Kern so zu umgehen sucht, dass man auf der Grenzlinie zwischen dem Granite und den daran angelehnten geschichteten Gesteinen sich fortbewegt. In ebenen Ländern werden die auf einander liegenden Terassen von fast horizontalen Schichten gebildet, zwischen denen die leichter zerstörbaren Gesteinslager mehr oder minder ausgewaschen sind. Bewegt man sich in der Richtung einer solchen Terasse, so wird man stets dieselben Erscheinungen wahrnehmen, während man im umgekehrten Falle beständig die Schichten durchkreuzt und den mannigfaltigsten Wechsel sowohl in der Bodenstructur als auch in der davon abhängigen Vegetation und Cultur wahrnimmt. Der Reisende, welcher der würtembergischen Alp entlang einen Theil von Süddeutschland durchkreuzt, würde einen ganz anderen Eindruck von dem Lande mitnehmen als derjenige, welcher einige Meilen weiter nördlich auf den fruchtbaren Keupermergeln in derselben Richtung vorwärts ginge; und nur derjenige, welcher von Südost nach Nordwest öfter die Alp, das Neckarthal und die Abhänge des Schwarzwaldes durchkreuzte, würde einen richtigen Blick in die Structur des würtembergischen Landes nach Hause bringen. Die Kunst, einen Reiseplan so einzurichten, dass mit dem wenigsten Aufwande von Zeit und Mühe das meiste gesehen wird, ist demnach nicht gering. In den meisten Ländern Europas sind indess schon soviel geologische Untersuchungen gemacht worden, dass derjenige, welcher diese Untersuchungen von Neuem aufnehmen will, schon vorher in Büchern und Karten sich auf das Genaueste über diejenigen Punkte unterrichten kann, die ihm Aufschluss oder Lösung noch zweifelhafter Fragen versprechen.

§. 15. **Speciellere Untersuchungen.** In den bewohnten und vielfach durchforschten Ländern Europas richtet sich die Auf-

merksamkeit des untersuchenden Geologen meist auf einen specielleren Zweck, zu dessen Erreichung dann auch besondere Hülfsmittel in Anspruch genommen werden müssen. Derjenige, welcher besondere Modificationen der Gesteine aufsucht, vielleicht zu dem Zwecke, Metalladern oder nutzbare Erden und Steine zu finden, wird seine Untersuchungen nach anderen Oertlichkeiten richten als derjenige, welcher besonders Versteinerungen sammelt, und dieser wieder viele Hülfsmittel bei Seite lassen, die demjenigen Forscher unentbehrlich sind, welcher besonders die Lagerung der Schichten, ihre Fallwinkel und Neigungen, die Spaltenrichtung und die Resultate der Hebungen zu untersuchen beabsichtigt. Hinsichtlich der Fundorte der Versteinerungen ist noch besonders zu berücksichtigen, dass die meisten von Alters her berühmten Fundorte so ausgebeutet sind, dass man selten nur so schöne und wohlerhaltene Exemplare findet, als von früheren Zeiten in den Museen sich finden. Meist liegt dies daran, dass die Verwitterung der Gesteine und die Loslösung der darin enthaltenen Versteinerungen nicht mit der Menge von Sammlern im Verhältniss steht. Es ist daher stets von Vortheil, neue Lagerstätten zu finden, in welchen von Jahrhunderten her die Resultate der Verwitterung angehäuft sind. Für die Lösung vieler geologischen Fragen ist es dann noch besonders wichtig, in solchen Schichten Versteinerungen zu entdecken, wo bisher noch keine bekannt waren, indem dadurch oft allein die Beziehung solcher Schichten zu den übrigen, schon bekannten, aufgehellt werden kann. Hier ist dann auch auf solche Reste zu achten, die an anderen bekannten Localitäten der Aufbewahrung nicht werth sein würden. So sind z. B. in den Alpen die Versteinerungen meist so zerdrückt oder in anderer Weise unkenntlich gemacht, dass man die Exemplare unbedenklich wegwerfen würde, wenn sie in einem Mergellager des Jura oder der Kreide, worin die Versteinerungen vortrefflich erhalten sind, sich vorgefunden hätten, und dennoch können solche oft ganz unkenntlich gewordene Versteinerungen in den Alpen von der grössten Wichtigkeit zur Bestimmung der Schicht werden.

Physikalische Vorbegriffe.

§. 16. **Sphäroidgestalt der Erde. Messungen der Erdoberfläche. Gradmessungen.** Die Beobachtung des allmäligen Emporkommens und Entschwindens irdischer Gegenstände nach allen Richtungen auf der Erdoberfläche, die scharfbegrenzte Kreisform des Horizontes auf der offenen See, die Gestalt des Schattens der Erde bei den Mondfinsternissen sowie die veränderte Ansicht des gestirnten Himmels von weit entlegenen Orten her, mussten schon zu der Ansicht führen, dass die Erdoberfläche nach allen Seiten hin gekrümmt sei und demnach derjenigen einer Kugel sich nähere. Auf dem Festlande sind die Beobachtungen in dieser Hinsicht wegen des abwechselnden Reliefs der Oberfläche weniger beweisend, die Anwohner der See aber wissen sehr wohl, dass man von einem entfernten Schiff anfangs nur die Mastenspitzen, später die Segel, erst ganz zuletzt den Rumpf sieht, so dass es scheint, als klimme das Schiff bei der Ankunft eine Berghöhe hinan. Sie wissen ebensowohl, dass der Horizont der See sich erhebt und erweitert, je höher man auf Thürmen oder Bergen über das Meeresniveau hinaufsteigt.

Genauere Beobachtung und Messung hat indess gezeigt, dass die Erdgestalt nicht vollkommen genau die einer Kugel ist, sondern dass der Erdkörper an den beiden Polen eine Abplattung, um den Aequator herum aber eine Aufwulstung zeigt, welche nachweisslich von der Drehung der Erde um ihre Axe abhängt. Die Gradmessungen, welche man seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts bis in die neueste Zeit mit stets verbesserten Methoden durchgeführt hat, haben nachgewiesen, dass diese Abplattung

etwa $^1/_{300}$ beträgt, so dass demnach der Erdradius an den Polen oder die halbe Erdaxe kleiner ist als der Halbmesser an dem Aequator, und ebenso die Meridiangrade und Parallelgrade nicht überall eine gleiche Grösse besitzen, sondern je nach der Näherung oder Entfernung von den Polen ab- oder zunehmen. Nach den bis jetzt vorhandenen Messungen ergeben sich etwa folgende Maasse:

	Meter.	Toisen.	Geogr. Meilen.
Halbmesser der Erde am Aequator	6377398	3271953	859,43
Halbe Erdaxe	6356079	3261072	856,57

Breitegrade.	Meridiangrad. Toisen.	Parallelgrad. Toisen.	Radius Vector.
0	56727	57106	1,000000
5	56731	56890	0,999975
10	56744	56244	0,999900
15	56765	55172	0,999779
20	56793	53683	0,999614
25	56828	51786	0,999410
30	56868	49496	0,999147
35	56913	46829	0,998912
40	56961	43806	0,998633
45	57010	40447	0,998344
50	57060	36778	0,998054
55	57108	32828	0,997774
60	57153	28624	0,997511
65	57194	24200	0,997272
70	57229	19589	0,997066
75	57258	14826	0,996899
80	57279	9948	0,996776
85	57292	4993	0,996700
90	57296	0	0,996674

§. 17. **Dichtigkeit der Erde. Folgerungen daraus.** Die mittlere Dichtigkeit der Erde, die man in den neueren Versuchen theils durch die Vergleichung der Schwingungen des horizontalen Pendels oder der Drehwage, das durch Metallmassen von bekanntem Gewicht und Grösse angezogen wird, mit den Schwingungen eines senkrechten Pendels, theils durch die Verschiedenheit der Schwingungen zweier, senkrecht über einander aufgestellten Pendel bestimmt hat, verhält sich, nach den neuesten Bestimmungen von Airy, zu derjenigen des destillirten Wassers im Mittel wie 6,5 : 1. Berücksichtigt man nun, dass die meisten Gesteine eine Dichtigkeit von höchstens 3,0 besitzen (Quarz 2,8; Orthoklas 2,58; Obsidian 2,57) und dass ein grosser Theil der Erdrinde aus Meerwasser besteht, dessen specifisches Gewicht nur wenig grösser als dasjenige des reinen Wassers ist, so wird man nicht irren, wenn man die Dichtigkeit der festen Erdkruste höchstens zu 2,5 annimmt, wonach dann die Dichtigkeit der inneren Masse im Durchschnitt etwa derjenigen des gediegenen Eisens oder Kobalts gleich kommen würde. Es kann demnach schon dieser Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde zufolge keinem Zweifel unterliegen, dass der Erdkern aus schwereren Massen gebildet ist, als diejenigen sind, welche die Kruste zusammensetzen, dass aber nichtsdestoweniger die Anziehungskraft im Inneren der Erde nicht in demselben Maasse zunimmt mit der Näherung gegen das Centrum hin, als dies an der äusseren Oberfläche der Fall ist, indem sonst der innere Erdkern eine weit bedeutendere Dichtigkeit besitzen müsste.

§. 18. **Innere Erdwärme. Temperatur der Bergwerke, tiefer Keller, der Brunnen und Quellen. Reich's Beobachtungen in den sächsischen Bergwerken. Resultat derselben. Ungleichheit der Zunahme in verschiedenen Gesteinen.** Man war schon seit längerer Zeit darauf aufmerksam geworden, dass die Temperaturen im Inneren der Bergwerke und der Minen bedeutend höher sei als an der Oberfläche, so dass man in unseren Klimaten z. B., selbst im strengen Winter, bequem in tiefen Bergwerken arbeiten kann, ohne von der Kälte zu leiden. Ebenso war die constante Temperatur tiefer Keller, wonach dieselben im heissen Sommer kühl, im Winter dagegen warm erscheinen, eine allgemein bekannte Sache. Nicht minder hatte man bemerkt, dass tiefe Brunnen eine constante Temperatur zeigen wie diejenige der Keller, und dass solche Quellen, welche augenscheinlich aus bedeutender Tiefe

hervorsprudelten, auch eine constante, aber bedeutendere Wärme zeigen, als die mittlere Bodentemperatur ist, so dass solche Quellen nicht an den Schwankungen der äusseren Temperatur theilnehmen und im Sommer deshalb kalt, im Winter warm erscheinen. Genauere Untersuchungen über die Zunahme der Temperatur nach dem Inneren der Erde wurden indess erst in unserm Jahrhundert gemacht, nachdem man durch mathematische Berechnungen auf die Wichtigkeit der thatsächlichen Begründung der inneren Erdwärme aufmerksam geworden war. Die hauptsächlichsten Beobachtungen wurden von Reich in den sächsischen Erzgruben, wo man die Temperatur des Gesteines mass, und von vielen Beobachtern in artesischen Brunnen angestellt, in welchen man die Thermometer bis zu bedeutenderer Tiefe herablassen konnte. In den Reich'schen Versuchen fand man als Mittel eine Wärmezunahme von 1° C. für 41,84 Meter oder 129 Fuss Tiefe. Die Reich'schen Beobachtungen sowohl als die in Preussen, Grossbritannien und Russland in den Bergwerken angestellten Versuche scheinen darauf hinzudeuten, dass die Wärmezunahme in den verschiedenen Gesteinen ungleich ist, dass sie in den Schiefern bedeutender erscheint als in dem Granite, und in Steinkohlenbergwerken fast das Doppelte beträgt, eine Erscheinung, die vielleicht aus langsamen chemischen Zersetzungsvorgängen erklärt werden dürfte. In der Nähe vulcanischer Gegenden hat man eine weit bedeutendere Zunahme in der Tiefe der Bergwerksschachte gefunden, so bei Monte-Massi in Toskana 1° C. auf 41,7 Fuss.

Artesische Brunnen. Resultate der Messungen. Die Bestimmungen mittelst der artesischen Brunnen haben im Durchschnitte eine bedeutendere Zunahme der Temperatur erkennen lassen, als in den Schachten der Bergwerke. Man hat theils die Bestimmungen in den Bohrlöchern selbst vorgenommen, ehe noch das Wasser aus der Tiefe sprudelte, theils auch bei gemessener Tiefe des Bohrloches die Temperatur der Quelle bestimmt, wobei man freilich der Abkühlung innerhalb des Bohrloches einige Rechnung tragen muss. Diese Abkühlung ist im Ganzen jedoch sehr wenig von Belang, dagegen ist es möglich, dass die Temperatur der Quelle deswegen höher ist, als sie nach der Tiefe des Bohrloches sein sollte, weil die Quelle selbst aus grösserer Tiefe hervorkommen kann. Die warmen Mineralquellen, welche durch natürliche Spalten aufsteigen, kommen ebenfalls aus bedeutenderer Tiefe hervor, und man kann sich leicht §. 19.

denken, dass ein Bohrloch eine Spalte oder ein Reservoir treffen könnte, welches aus bedeutenderer Tiefe gespeist wird. Man kann deshalb im Allgemeinen annehmen, dass die in artesischen Bohrlöchern erhaltenen Messungen etwas zu hoch sind, während die in den Gruben gewonnenen Resultate wegen der Abkühlung mittelst der durchstreichenden Luftwege im Allgemeinen etwas zu niedrig ausfallen.

Folgende Resultate wurden in einzelnen artesischen Brunnen erhalten:

	Zunahme von 1° C. auf Meter Tiefe.	Temperatur der Quelle.	Tiefe des Bohrloches in Metern.
Grenelle bei Paris . .	32,3	27,6°	548
Mondorf in Westphalen	29,6	34	671
Neusalzwerk	29,2	31	622
Pregny bei Genf . . .	29,71	—	223
Neuffen in Würtemberg	10,5	38,7	385

Das Bohrloch bei Neuffen ist in durchaus basaltischer Gegend angelegt, in Pregny hat man keine fliessende Quelle erhalten.

Man kann also im Durchschnitte als Mittel für die Beobachtungen an Bohrlöchern eine Zunahme von 1° C. für 30 Meter Tiefe annehmen. Dasselbe Gesetz der Zunahme hat sich sogar in Sibirien in dem gefrorenen Boden bei Jakutzk gezeigt.

§. 20. **Temperaturverhältnisse der Atmosphäre.** Die Lufthülle, welche den Erdball umgiebt, verhält sich in ähnlicher Weise wie die Erdkruste; ihre Temperatur nimmt um so mehr ab, je weiter man sich von dem Erdmittelpunkte entfernt; doch ist diese Abnahme weit geringer als in der festen Erdrinde, indem sie nur 1° C. auf je 200 Meter beträgt.

§. 21. **Erhöhung der mittleren Bodentemperatur durch die innere Erdwärme. Maass dieser Erhöhung. Isothermen.** Die mittlere Temperatur der Bodenoberfläche hängt von der Quantität von Wärme ab, welche der Erde durch die Sonne mitgetheilt wird. Man hat durch die Berechnungen ge-

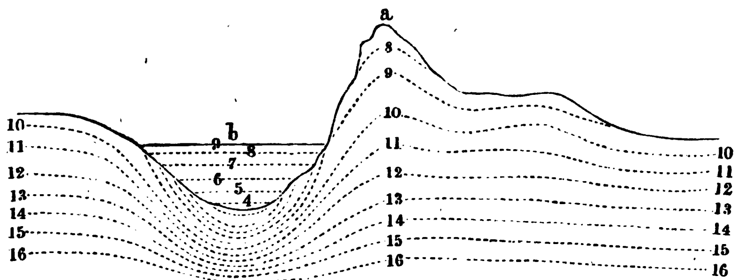
funden, dass diese Temperatur durch die innere Erdwärme nur um eine höchst unbedeutende Quantität vermehrt wird, die man bei gewöhnlichen Verhältnissen ganz ausser Acht lassen kann. Die Menge von Wärme, welche der Boden von Paris aus dieser nicht von der Sonne herrührenden Wärmequelle während eines Jahres erhält, würde nur hinreichen, eine Wassersäule von 0,48 Meter Höhe um einen Grad des hunderttheiligen Thermometers zu erwärmen oder eine Schicht Eis von $6\frac{1}{2}$ Millimeter Höhe zu schmelzen. Die mittlere Temperatur unserer Gegenden würde also durch diese Wärmequantität höchstens um $\frac{1}{30}$ Grad erhöht. Die Vertheilung der Temperatur auf der Erdoberfläche hängt demnach einzig von der Sonne ab, weshalb auch die mittlere Temperatur im Durchschnitte von dem Aequator gegen die Pole hin abnimmt. Diese Abnahme geschieht aber nicht vollkommen gleichmässig, so dass die Isothermen oder die Linien von gleicher mittlerer Temperatur, die man auf der Erdoberfläche ziehen kann, nicht genau mit den Breitegraden übereinstimmen.

Eindringen der Sonnenwärme in den Boden. Die §. 22. Sonnenwärme dringt nur wenig in den Boden ein. Die täglichen Schwankungen der Temperatur zwischen Tag und Nacht lassen sich schon in 2 Meter Tiefe nicht mehr wahrnehmen; die jährlichen Variationen verschwinden etwa bei 20 Meter und die Mittheilung geht so langsam, dass die Sommerwärme erst im Winter und die Winterkälte im Sommer in dieser Tiefe anlangt. In 30 Meter Tiefe ist das Thermometer vollkommen constant und keine Schwankungen mehr wahrnehmbar, so dass also die Schicht der Erdkruste, welche zwischen 20 und 30 Metern sich befindet, die erste Schicht mit constanter Temperatur ist.

Zunahme der Temperatur nach Innen. Chthonisothermen. Chthonisotherme der unteren Wassergrenze. Von §. 23. dieser Schicht aus nimmt die Temperatur beständig zu, und da wir als Mittel der Zunahme einen Grad auf etwa 33 Meter oder 100 Fuss annehmen können, so kann man theoretisch die ganze Erdkruste in parallele übereinander liegende Schalen theilen, deren Dicke je einem Grad Wärmezunahme entsprechen würde. Man hat diese Linien gleicher Temperatur im Inneren der Erde Chthonisothermen genannt. Die durch sie dargestellten Flächen würden im Allgemeinen der Form des Erdsphäroides entsprechen; in der Nähe der Bodenoberfläche aber von dieser

mathematischen Krümmung abweichen, um sich dem Relief des Bodens anzuschmiegen. In dem folgenden Durchschnitte, Fig. 1, sei *a* das Profil einer Gebirgskette, *b* das eines Seebeckens, auf

Fig. 1.



dessen Grunde die Temperatur des Wassers etwa 4° C. betrüge, während die mittlere Bodentemperatur auf der Höhe des Gebirges sich auf 8° C. hält. Durch die Abkühlung, welcher das Gebirge durch seine Erhebung in kältere Luftschichten ausgesetzt ist, werden die durch Ziffern bezeichneten Chthonisothermen um so weiter von einander entfernt sein, je näher man dem Gipfel kommt, und ebenso wird die Abkühlung durch das Seebecken eine entsprechende Depression der darunter sich hinziehenden Chthonisothermen veranlassen, so dass die Chthonisothermen im Ganzen eine wellenförmige Biegung erleiden, die sich aber um so mehr abflacht, je näher man dem Erdmittelpunkte kommt. Durch diese Verhältnisse erklärt sich, dass warme Quellen am Fusse solcher Berge sprudeln können, die nur durch die Filtration im Inneren der Berge eine höhere Temperatur erlangt haben.

Die Chthonisotherme von 600° C., die sich etwa in einer Tiefe von 18500 Metern oder 2½ geographischen Meilen befindet, bezeichnet die Grenze, wo der Druck von oben der Elasticität der Wasserdämpfe das Gleichgewicht hält; unterhalb dieser Grenze wird demnach kein Wasser hinabdringen können. Die Berücksichtigung dieser Chthonisotherme ist besonders zur Analyse der vulcanischen Erscheinungen wichtig, bei welchen der aus der Tiefe entwickelte Wasserdampf eine bedeutende Rolle spielt, und

augenscheinlich musste diese Isotherme in früheren geologischen Epochen, wo die innere Erdwärme bedeutend grösser und das Maass der Zunahme nach Innen bedeutender war, auch der Erdoberfläche näher gerückt gewesen sein.

Feuerflüssiger Erdkern. Dicke der Erdkruste. Berücksichtigt man die Schmelzhitze der meisten trockenen Substanzen und die Zunahme der Temperatur nach dem Inneren der Erde, so wird es wahrscheinlich, dass die Erde eine etwa 45000 Meter oder 6 geographische Meilen dicke Kruste besitze, innerhalb welcher ein feuerflüssiger Kern steckt. Wenn es einerseits wahrscheinlich ist, dass die Verflüssigung der Substanzen durch die Beihülfe von Wasserdampf bedeutend gesteigert wird, und dass somit die Dicke dieser Erdkruste noch geringer ausfällt, so weist andererseits das Hervorbrechen der Lava in den Vulcanen auf Hitzegrade hin, die in einer Tiefe von neun geographischen Meilen etwa sich finden müssen. Wie man aber auch aus diesen abweichenden Ergebnissen die Dicke der Erdkruste berechnen möge, immerhin ist es eine Thatsache, dass die Dicke der festen Erdkruste im Verhältniss zum Erdhalbmesser nur äusserst gering sein kann, so dass man mit vollem Rechte die Erde etwa einem Ei vergleichen kann, wo die Kruste der Schale, Dotter und Eiweiss dem inneren Erdkerne entsprechen würden. §. 24.

Isothermen der Oberfläche. Isotherme des ewigen Schnees. Die Vertheilung der Isothermen auf der Oberfläche der Erde hängt einestheils von der geographischen Lage, andererntheils von der Beschaffenheit der Erdoberfläche ab. Aus der Combination dieser verschiedenen Elemente gehen die verschiedenen Klimate hervor, welche für die Verbreitung des organischen Lebens auf der Erde von der grössten Bedeutung sind. Unter den Höhenisothermen ist namentlich diejenige, wo die mittlere Jahrestemperatur unter Null herabsinkt und die gefrorenen Niederschläge des Winters im Sommer nicht vollständig aufthauen, von der grössten Wichtigkeit für die Geologie. Man hat diese Isotherme die Linie des ewigen Schnees genannt, und gefunden, dass sie unter dem Aequator etwa auf 14800 Fuss Höhe über dem Meere sich befindet und gegen den Kältepol hin bis in die Nähe des Meeresniveaus herabsinkt. Die Erzeugung der Gletscher und der bedeutenden geologischen Phänomene, welche von diesen Eismassen abhängen, ist dadurch bedingt, dass einzelne Theile des Festlandes über diese Isothermlinie hinauf- §. 25.

ragen, so dass sich dort die atmosphärischen Niederschläge in fester Gestalt ansammeln können.

§. 26. **Zusammensetzung der Atmosphäre. Ersatz des Sauerstoffs. Circulation des Wassers.** Die Zusammensetzung der Atmosphäre erscheint in geologischer Beziehung besonders wichtig durch ihren constanten Gehalt an Sauerstoff, sowie durch die stete Beimischung gewisser Quantitäten von Kohlensäure und Wasserdampf, welche in jeder Beziehung mächtige Agentien zur Zerstörung und Neubildung mineralischer Massen darstellen. Der Gehalt der Luft an Sauerstoff, an welchem einerseits die Oxydationsprocesse des Mineralreiches, andererseits der Lebensprocess des Thierreiches beständig zehren, wird durch den Vegetationsprocess des Pflanzenreiches wieder ersetzt und zwar in so vollständiger Weise, dass die Zusammensetzung der Atmosphäre in Beziehung auf den Sauerstoff überall dieselbe ist. Das Wasser befindet sich in beständiger Circulation, indem es durch die Wärme an allen Oberflächen des Festlandes sowohl wie des Meeres verdunstet, in Dampfgestalt in die Atmosphäre übergeht, in den kälteren Schichten derselben sich wieder verdichtet und in Gestalt wässeriger Meteore wieder auf die Erdoberfläche fällt. Die Wolken sind gewissermaassen die Transportmittel, mittelst deren das Wasser der Atmosphäre in grössere Entfernungen hin verführt wird. Das Wasser ist das allgemeine Auflösungsmittel, wodurch alle chemischen Processe, die sich auf die Zerstörung und Neubildung der Gesteine beziehen, vermittelt und möglich gemacht werden. Innerhalb der Erdkruste circulirt es in flüssiger Gestalt bis auf eine gewisse Tiefe und dringt so sehr in alle Zwischenräume ein, dass man kaum ein Gestein finden wird, welches nicht mehr oder minder vom Wasser durchdrungen ist.

§. 27. **Circulation der Kohlensäure.** Einer ähnlichen Circulation unterliegt die Kohlensäure der Atmosphäre, welche einestheils durch den Respirationsprocess des Thierreiches, anderentheils durch die Zersetzung der Gesteine im Inneren der Erde in die Atmosphäre gebracht wird. Diese freie Kohlensäure löst sich in dem atmosphärischen Wasser auf und wird mit diesem wieder zur Erde niedergerissen; — sie bildet, als eine schwache Säure, dennoch das wesentlichste Lösungsmittel der meisten Gesteine, und da ihre Menge in der Atmosphäre beständig erneuert wird und die Tagwasser stets eine gewisse Quantität dieser Säure enthalten, so ist durch ihre Gegenwart in

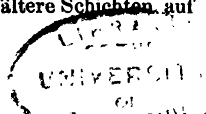
der Atmosphäre ein beständiger Zersetzungs- und Neubildungsprocess der Erdkruste eingeleitet.

Vertheilung des Wassers und Festlandes auf der Erdoberfläche. Schon ein flüchtiger Blick auf die Weltkarte oder einen Erdglobus lehrt, dass die Meere einen weit grösseren Flächeninhalt decken als das feste Land, und bei genauerer Berechnung findet man, dass, wenn man die Oberfläche der Erde = 1 setzt, das Meer 0,734 und das feste Land nur 0,266 Theile dieser Oberfläche deckt; so dass also das feste Land nur wenig mehr als $1/4$ der Erdoberfläche beträgt. Zudem ist diese Vertheilung des festen Landes noch ziemlich ungleich, indem in der nördlichen Hemisphäre weit weniger Meer, in der südlichen weit weniger Land sich befindet. In der nördlichen Hemisphäre beträgt das Land 0,40 der Gesammtoberfläche, in der südlichen nur 0,12. Beide Oberflächen verhalten sich etwa wie 100 : 30. §. 28.

Bei der gewöhnlichen Projection nach einem Meridian, der die alte von der neuen Welt abtrennt, beträgt das Festland in der alten Welt 0,36, in der neuen 0,17, so dass demnach die alte Welt etwa doppelt soviel Continent enthält als die neue.

Meere. Zusammensetzung des Meerwassers. Salzgehalt. Modification der physikalischen Eigenschaften des Meerwassers durch denselben. Folgen dieser Modification. Aus diesen Verhältnissen geht schon hervor, dass das süsse Wasser, welches auf der Oberfläche der Continente circulirt, im Verhältniss zu den Meeren nur eine sehr geringe Quantität darstellt, und dass in geologischer Beziehung hauptsächlich die Wirkungen des Meeres in Betracht kommen. Die Zusammensetzung des Meerwassers schwankt nur innerhalb sehr geringer Grenzen, und auch diese Schwankungen sind meistens nur durch eine grössere oder geringere Beimischung von süssem Wasser bedingt, die in der Nähe der Küsten und der Pole durch das Einströmen der Gewässer vom Festlande und das Schmelzen des Polareises bedingt ist. §. 29.

Der Salzgehalt des Meerwassers, der in allen Tiefen derselbe ist, übt den bedeutendsten Einfluss auf seine physikalischen Eigenschaften aus. Der Punkt seiner grössten Dichtigkeit befindet sich etwa bei — 2,67° C., der Gefrierpunkt bei — 2,55° C., während der Punkt der grössten Dichtigkeit des süssen Wassers sich bei + 4,5° C. und der Gefrierpunkt bekanntlich bei 0 befindet. Während demnach im süssen Wasser kältere Schichten auf



wärmeren schwimmen können, ohne zu Boden zu sinken, so dass ein Gefrieren an der Oberfläche stattfindet, fallen bei dem Meerwasser die kälter gewordenen Schichten stets zu Boden, und könnte ein Gefrieren erst dann stattfinden, wenn das ganze Becken in seiner ganzen Tiefe bis unter den Gefrierpunkt erkaltet wäre, was bei dem Zusammenhange der nordischen Tropenmeere und der Existenz warmer Strömungen, wie z. B. des Golfstromes, eine Unmöglichkeit ist. Aus diesen Verhältnissen erklärt sich auch, weshalb in grösseren mit Wasser erfüllten Binnenseen die Temperatur in bedeutender Tiefe sich unabhängig von der äusseren Temperatur in der Nähe des Dichtigkeitspunktes des süssen Wassers hält, während in Meeresbecken die Temperatur der Tiefe der mittleren Winterkälte in der Luft entspricht, sobald nicht durch Strömungen von weiterher höhere Temperaturen erzeugt werden.

§. 30. **Niveau des Meeres.** Das Meer als Flüssigkeit bildet auf seiner Oberfläche ein constantes Niveau, welches in geringerer Ausdehnung eine Horizontalebene darstellt, während im grossen Ganzen die Meeresfläche die Sphäroidkrümmung der Erde giebt. Abweichungen von diesem Niveau werden hauptsächlich durch die Anziehung der grösseren Himmelskörper, der Sonne und des Mondes, bewirkt, die in Gestalt von Ebbe und Fluth sich in den grösseren Becken zeigen. In Folge dieser Andrängung der Fluthwellen gegen einzelne Becken, die besonders günstige Verhältnisse darbieten, kann sogar das Niveau benachbarter Meere, wie z. B. des Rothen Meeres und des Mittelmeeres, einen ziemlichen Unterschied zeigen. Abgesehen von diesen Unregelmässigkeiten bildet indess das Meeresniveau die einzige constante Fläche auf der Erde, auf welche man die Höhenunterschiede des Festlandes beziehen kann. Deshalb ist es jetzt auch ein allgemeiner Gebrauch geworden, die verticale Höhe der Festlandpunkte über dem Meere anzugeben, wodurch allein eine genaue Vergleichung möglich wird.

§. 31. **Depression unter dem Meeresniveau. Lagunen. Polder. Caspisches Meer. Todtes Meer.** Wir kennen auf der Erde nur einige wenige Punkte, wo bedeutendere Depressionen unter das Meeresniveau statthaben. Die Lagunen und Polder der Flachländer an dem Meere sind häufig durch natürliche Dünenwälle oder auch durch künstliche Eindämmungen gegen den Einbruch des Meeres geschützt und zeigen dann,

wenn eine bedeutende Verdunstung auf ihrer Oberfläche stattfindet, eine Vertiefung von etlichen Fussen unter dem Niveau. In ähnlichen Verhältnissen befinden sich zwei grössere Seebecken Asiens, das caspische Meer und das todte Meer. Nach den neueren Messungen beträgt die Depression des caspischen Meeres 12 oder 25 Meter, diejenige des todten Meeres dagegen etwas über 400 Meter. Das Thal des Jordans würde etwa von dem See Tiberias an unterhalb des Niveaus des mittelländischen Meeres sich befinden, und ein grosser Theil von Judäa, mit Ausnahme von Jerusalem und einigen anderen hochgelegenen Punkten, unter den Spiegel des Meeres fallen. Dieses merkwürdige Ausnahmeverhältniss von Judäa ist ohne Zweifel dadurch bedingt, dass eine undurchdringliche Bergkette das Mittelmeer von dem Einbruche in den Thalkessel abhält, in welchem nur äusserst selten Regen fallen und eine ungemein starke Verdunstung stattfindet, welche den Zufluss des Jordans weit überwiegt. Viele unserer Binnenseen, deren Kessel weit unter das Niveau des Meeres hinabgehen, würden ganz dieselbe Erscheinung darbieten, wenn sie nicht in Gegenden lägen, wo die bedeutende Quantität der atmosphärischen Niederschläge und die geringe Verdunstung das Niveau des Wassers bis zu ihrer jetzigen Höhe ansteigen lassen.

Höhen über dem Meeresniveau. Höhe der Bergketten; Verhältniss zu den Ebenen. Die Höhe der Continente lässt sich in verschiedener Weise betrachten. Im Verhältniss zu der Grösse der Erde erscheinen die bedeutendsten Bergspitzen nur als äusserst kleine Fractionen des Erdhalbmessers, so dass selbst auf Erdgloben von ziemlich bedeutender Grösse die Höhe der Bergketten bedeutend übertrieben werden muss, wenn man sie nur einigermaassen im Relief ausdrücken will. Der bedeutendste Theil des Festlandes wird von Plateaus gebildet, deren Höhe im Mittel sich gewöhnlich ziemlich leicht angeben lässt, wenn man die Berechnung so anstellt, dass man das ganze Plateau ansieht, als seien Hügel und Thäler verstrichen und zu einer Ebene ausgebreitet. Die höchsten Plateaus von einiger Ausdehnung trifft man im Inneren der Continente, namentlich Asiens und Amerikas; die ausgedehntesten Ebenen von geringer Erhebung über dem Meere im Inneren Nordamerikas, dem Norden des europäisch-asiatischen Continentes und im Inneren von Afrika. Ueber diesen Ebenen erheben sich nun die Bergketten gewissermaassen in Form hoher §. 32.

Mauern, welche bis zu einer gewissen Höhe eine continuirliche Masse bilden, über der sich dann gleich Zinnen oder Zähnelungen die hohen Gipfel emporschwingen. Die gangbaren Pässe der Ketten schwanken meist zwischen einem Drittel und der Hälfte der absoluten Höhe der grösseren Gipfel; und im Allgemeinen wird eine Bergkette weit mehr durch die Höhe ihrer Pässe, die von ihrer Structur abhängt, als durch die Höhe einzelner Gipfel charakterisirt, die oft auf mehr localen Ursachen beruhen kann.

§. 33. **Verhältniss der Bergketten zu den Continenten. Verhältniss der Pyrenäen zu Frankreich. Mittlere Höhe der Continente.** Das Verhältniss der Bergketten zu den Continenten ist besonders bei solchen Betrachtungen wichtig, die sich auf das gegenseitige Verhältniss von Continent und Meer beziehen. Da ein jeder Continent aus einer mehr oder minder grossen Menge von Plateaus besteht, welche sich terrassenförmig über einander lagern, so kann man aus der Höhe und dem Umfange dieser Plateaus das Volumen des ganzen Continentes bestimmen und dann die einzelnen Bergketten für sich ihrem Volumen nach berechnen. Ein Beispiel wird diese Art der Berechnung erläutern. Frankreich hat eine Höhe von 156 Metern mit Ausschluss der Pyrenäen. Wenn alle kleineren Höhen im Inneren des Landes abgetragen, die Vertiefungen damit ausgefüllt, die Meeresufer senkrecht erhöhet würden, so erhielte man zuletzt eine Scheibe von der jetzigen Grösse Frankreichs, die 156 Meter über dem Meere erhoben wäre und überall mit senkrechten Wänden in dasselbe abfiele. Würden aber die Pyrenäen abgetragen, gepulvert und über diese ganze Fläche gleichmässig vertheilt, so würde der Boden noch um 35 Meter mehr erhöht werden, und demnach die mittlere Höhe Frankreichs mit Einschluss der Pyrenäen 191 Meter betragen, während die grosse Masse Frankreichs ohne dieselben nur eine Erhebung von 156 Meter bietet.

Eine Durchführung solcher Berechnungen für die sämmtlichen Continente, soweit sie möglich ist, hat zu dem Resultate geführt, dass die mittlere Höhe sämmtlicher Continente über dem Meere etwa 308 Meter betrage, und dass die Schleifung der Continente bis zu dem Niveau des Meeres letzteres nur um 77 Meter erhöhen würde, so dass also das Volumen der Continente fast verschwindend klein im Verhältniss zu demjenigen des Meeres wäre.

Tiefe der Meere. Terrassen des Meeresgrundes um die Continente. Dieses Resultat wird besonders dadurch herbeigeführt, dass die mittlere Tiefe der Meere ungemein viel bedeutender ist als die mittlere Höhe der Continente; so dass also beide Factoren, aus welchen man das Volumen berechnen kann, Flächen- und Höhendimension, zu Ungunsten des Festlandes sprechen. Man hört häufig die Ansicht aussprechen, dass das Meer gewissermaassen nur der umgekehrte Abklatsch des Festlandes wäre, findet aber im Gegentheile, dass die grosse Tiefe im Allgemeinen für die Meeresbecken gilt, und die Erhöhungen, Bänke und Inseln nur Ausnahmen von der Regel darstellen. Man hat etwa in der Mitte zwischen St. Helena und der brasilianischen Küste das Senkblei bis zu einer Tiefe von 9144 Metern hinabgelassen, eine Tiefe, welche die Höhe des höchsten Berges der Erde, des Dawalagiri (8229 Meter), um 915 Meter übertrifft. Doch erscheinen alle Messungen nach den älteren Methoden, welche über 10,000 Fuss gehen, der unterseeischen Strömungen wegen ungenau. Im atlantischen Ocean erstreckt sich etwa unter dem 50. Grade nördlicher Breite eine fast ebene, auf dem Grunde mit mikroskopischen Schalthierresten (Foraminiferen) bedeckte Fläche, das s. g. Telegraphen-Plateau, das nirgends über 10,000 Fuss tief ist — die tiefsten Stellen in demselben Ocean finden sich zwischen dem 35. und 40. Grade im Süden von Neufundland —, die Tiefe scheint höchstens 24000 Fuss (8000 Meter) zu betragen. Da der südliche Theil des atlantischen Oceans, so wie das stille Meer, ganz gewiss weit tiefer sind, so kann man die mittlere Tiefe der sämmtlichen Meere gewiss ohne Fehler auf etwa 6000 Meter anschlagen, also auf etwa 20mal mehr als die mittlere Höhe der Continente über dem Meere beträgt. §. 34.

Dies hindert nicht, dass in der Nähe der Continente Terrassen auf dem Meeresgrunde existiren, welche gewissermaassen einen Hof um die Continente bilden (Fig. 2 a. f. S.). Die genauen Sondirungen, die im Umkreise von England angestellt worden sind, haben ergeben, dass hier eine Terrasse existirt, deren Tiefe sich stets über 200 Meter unter dem Niveau erhält, und welche Grossbritannien und Irland nebst den benachbarten Inselgruppen in so weitem Umkreise umgiebt, dass die ganze See zwischen Frankreich, Dänemark, Norwegen und England in das Bereich dieser Terrasse fällt, mit Ausnahme eines schmalen Canales, der sich um Norwegen herumschlingt. Alle genannten Länder würden demnach einen einzigen Continent bilden, sobald man nur

Fig. 2.



Karte des Meeresgrundes um England. Die hell schattirten Stellen umfassen alle Tiefen bis zu 600 Fuss, grössere Meerestiefen sind dunkler schraffirt.

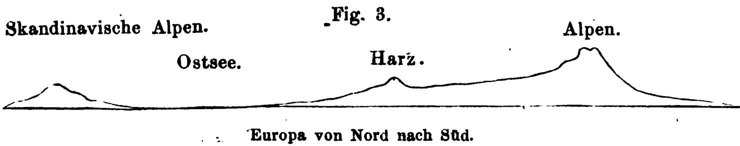
das Niveau des Meeres um 200 Meter erniedrigt oder das Land um 200 Meter erhoben sich vorstellt. Diese Erhöhung des Meeresgrundes in der Nähe der Continente beruht theils auf der Structur der Gesteine des Festlandes, theils auch darauf, dass jeder Continent einen untermeerischen Zerstreuungskreis um sich hat, innerhalb dessen die verwitterten Gesteine, die von dem Continente weggespült werden, sich ablagern.

Vertheilung der Berge und Ebenen. Tiefländer. Hochländer. Berge und Ebenen sind im Allgemeinen sehr unregelmässig auf dem Festlande vertheilt; die Tiefländer beginnen gewöhnlich unmittelbar an den Küsten des Meeres und erheben sich mit sanfter Ansteigung schon in bedeutender Entfernung von dem Festlande, so dass das Meer in weiter Zone nur eine sehr geringe, allmälig zunehmende Tiefe zeigt. Die deutsche und holländische Nordseeküste bis zu dem Wesergebirge, Russland und Sibirien, Texas, die Lombardei, die Pampas Südamerikas geben Beispiele solcher Küstentiefländer. Andere Tiefländer, wie z. B. Niederungarn, die Provence, das Mittelgebiet Nordamerikas, sind von allen Seiten von mehr oder minder hohen Bergketten eingeschlossen. §. 35.

Die Hochländer stellen sich bald als Hochplateaus oder Tafelländer dar, bald als eigentliche Gebirgsländer, in denen durch die verschiedenen Durchbrüche und Verwerfungen der bildenden Gesteinsmassen sehr grosse Wechsel in der absoluten Höhe näher an einander liegender Punkte erzeugt werden.

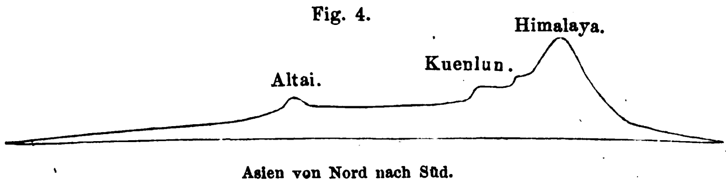
Gestalt der Bergketten im Allgemeinen. Die bedeutenderen Bergketten, welche auf das allgemeine Relief eines Continentes den wesentlichsten Einfluss üben, stehen meist auf der einen Seite mit einer Hochebene, auf der anderen mit Tiefländern in Verbindung, und die Continente erscheinen gewöhnlich als Massen, welche zwischen mehr oder minder parallelen Gebirgszügen aufgehäuft sind, die gewissermaassen die Rahmen darstellen, zwischen denen die Plateaus sich ausspannen. Diese Art der Betrachtung ist um so richtiger, als die grösseren Bergketten gewissermaassen Nähte darstellen, in denen die Risse der geschichteten Gesteine durch eingeschichtete Massen ausgefüllt sind (Fig. 3 bis 7 a. f. S.). §. 36.

Fig. 3.



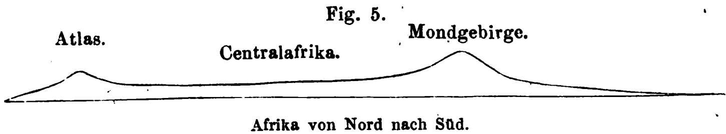
Europa von Nord nach Süd.

Fig. 4.



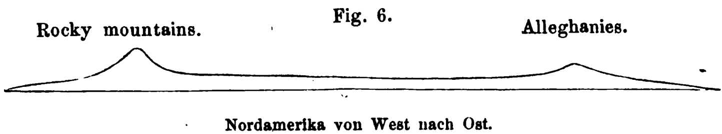
Asien von Nord nach Süd.

Fig. 5.



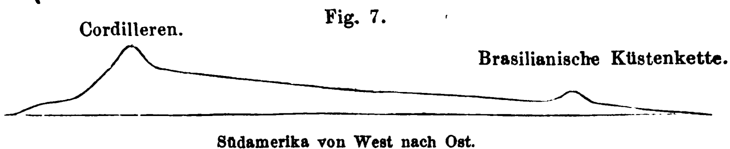
Afrika von Nord nach Süd.

Fig. 6.



Nordamerika von West nach Ost.

Fig. 7.



Südamerika von West nach Ost.

Contouren der Continente. Gliederung der Continente. Die äusseren Contouren der Continente hängen hauptsächlich von der Vertheilung der Gebirgszonen ab, an welchen die Ebenen sich anlehnen. Aus der Ausbreitung des Festlandes auf der nördlichen Erdhälfte ergiebt sich schon die fast allgemeine Erscheinung, dass die Continente, Halbinseln und Inseln meist nach Süden hin in mehr oder minder lange Spitzen auslaufen, welche sich nach und nach in dem Meere verlieren. Je häufiger diese Spitzen, desto grösser wird das Verhältniss der Länge der Küstenerstreckung zu dem inneren Flächenraume des Continents. Diese Gliederung der Continente, die wieder von der Zahl der unabhängigen Gebirgszonen bedingt ist, scheint in einem gewissen ursächlichen Verhältnisse zu der Culturfähigkeit des Landes zu stehen, indem man sagen kann, dass der Continent um so grössere Berechtigung zur Culturentwickelung zeigt, als seine Gliederung bedeutender ist. §. 37.

Inseln. Die Inseln, die entweder als Ketteninseln oder als Masseninseln erscheinen, zeigen sich gewöhnlich in lang gestreckter Form und in solchem Zusammenhange mit den Gebirgsketten der Continente, dass sie gewissermaassen die Fortsetzung derselben darstellen, deren Zusammenhang durch das Meer verdeckt ist. Eine Menge von Inselgruppen, und zwar besonders Ketteninseln, sind deutlich in diesem Falle und schliessen sich als Continentalinseln mehr oder minder eng an das Festland an, während andere rundliche Masseninseln meist einsam oder in Gruppen aus dem Meere auftauchen und in keiner nachweissbaren Beziehung zu der Gliederung der Continente stehen. §. 38.

Gruppirung der Berge. Isolirte Berge. Gruppengebirge. Gebirgsketten. Massengebirge. Kettengebirge. Zusammensetzung der Kettengebirge. Nach der Art ihrer Gruppirung kann man unter den Bergen wesentlich folgende Unterschiede machen. §. 39.

Isolirte einzeln stehende Berge, meist von vulcanischen Kegeln gebildet (Fig. 8 a. f. S.), wie z. B. der Etna, der Vesuv, der Pic von Teneriffa u. s. w.; zuweilen auch bilden diese isolirten Berge einzelne Plateaus mit steilen Wänden, die dann gewöhnlich Reste entweder von ausgebrochenen Massen oder von geschichteten Strecken sind, die weiter hin weggerissen wurden. Die aus vulcanischem Trapp gebildeten Inselmassen der Hebriden

der Faröer bieten Beispiele der ersteren Art, die Insel Helgoland eines der letzteren Art dar.

Fig. 8.

Der Pic de Teyde auf Teneriffa.

Man kann ferner Gruppengebirge unterscheiden; isolirte Gipfel von Kegel- oder Kuppenform stehen hier in ähnlicher Weise zusammen wie Maulwurfshaufen in einer Wiese. Die Vulcane des Centralplateaus von Frankreich (Fig. 9), der Rheingegen-

Fig. 9.



Vulcangruppe der Auvergne.
a. Pays de Dôme.

den, die vulcanischen Gipfel der Cordilleren in Südamerika liefern Beispiele solcher Gruppengebirge. Oft lässt sich in diesen eine gewisse Richtung nach Linien unterscheiden, so dass die einzelnen isolirten Kegel doch nach einer gewissen Direction hin wie Essen auf einer Spalte sich darstellen. So die Vulcane von Island und die Gipfel der Cordilleren, welche, obgleich alle vollkommen isolirt, wie aus Fig. 10 hervorgeht, dennoch in zwei Reihen sich auf dem Hochplateau der Cordillerenmauer erheben.

Fig. 10.

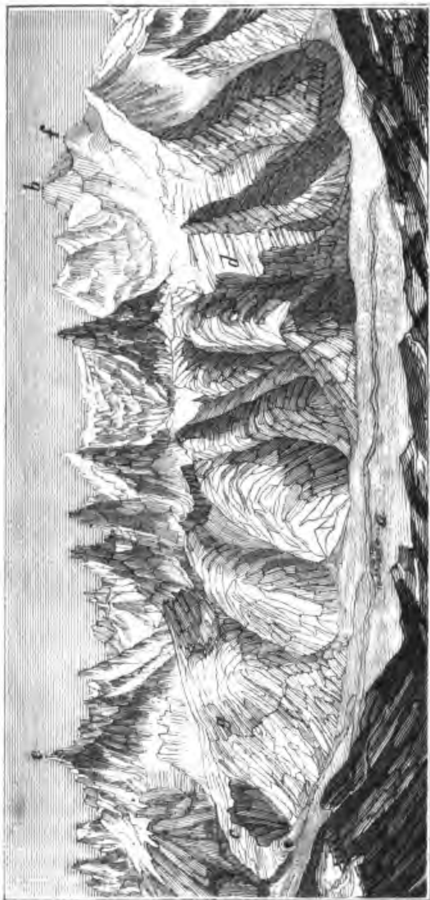


Ansicht des Cotopaxi.

Endlich unterscheidet man **Gebirgsketten**, erhabene Massen, deren Gipfel ihrer Structur nach mit der Basis, auf welcher sie stehen, zu einem Ganzen gehören. Meist haben die Ketten in ihrer Basis die Form eines Ellipsoides, dessen Längsaxe bedeutend die Queraxe überwiegt. Unter dem Namen der **Massengebirge** hat man diejenigen Gebirge unterschieden, bei welchen, wie bei den Vogesen, dem Schwarzwalde, dem Harze, dem Thüringerwalde, das Ellipsoid mehr der Kreisform sich annähert,

während man mit dem Namen der **Kettengebirge** besonders die sehr lang gestreckten schmalen Gebirgszüge, wie die Alpen, den Ural, die Cordilleren, unterscheiden wollte. Indessen finden sich so viele Zwischenstufen zwischen beiden Formen, dass eine solche Unterscheidung bei gewissen Bergketten nicht mehr anwendbar ist. Gewöhnlich bestehen die in die Länge ausgezogenen

Fig. 11.



Kette des Montblanc vom Breven aus.

a Chamouni. *b* Montblanc. *c* Mer de glace. *d* Bossons-Gletscher. *e* Aiguille verte. Dôme du Gouté. *g* Montanvert.

Bergketten aus vielen einzelnen ellipsoidischen Kernen (Fig. 11), welche bald in einfacher Reihe, bald mehr schachbrettartig an einander geordnet sind und so eine Kette darstellen. Die Untersuchung dieser einzelnen Kerne oder Kettenglieder bildet einen wesentlichen Punkt für das Studium der Bergketten überhaupt, da der Charakter solcher einzelnen Kerne oft sehr bedeutend verschieden ist, wenn auch äusserlich im geographischen Sinne die Einheit der Kette nicht unterbrochen ist. So findet man in den Alpen einzelne Kerne, in deren Gesteinen der Talk, andere, in welchen der Glimmer, andere, in welchen der Serpentin vorwiegt, und oft liegen diese einzelnen Kerne so nahe aneinander, dass nur ein schmaler Thalriss beide Theile trennt.

Länge der Bergketten. Die Länge der einzelnen Bergketten dürfte nach den vorhandenen Angaben etwa folgende sein: §. 40

Die scandinavischen Gebirge	1780	Kilom.
Die Alpen vom Montblanc bis an die ungarische Grenze	830	»
Die Pyrenäen	377	»
Der Altai	1600	»
Der Tiang-schang im Inneren Chinas.	2710 — 3470	»
Der Kuenlun	1940	»
Der Himalaya	2560	»
Die Ghates	1220	»
Der Sablonoi-Chrebet	890	»
Der Aldan	670	»
Der Ural	890 — 3290	»
Die Anden von dem Feuerlande bis zur Landenge von Panama	7150	»

Gliederung der Bergketten. Quergliederung. Parallele Gliederung. Strahlende Gliederung. Die geschichteten Massen sind in den Bergketten meistens aufgerichtet, in verschiedener Weise zerklüftet, zerrissen und von unten her zerspalten worden; daher kommt es denn, dass die Bergketten niemals eine einfache Form haben, sondern nach verschiedenen Richtungen hin Ausläufer senden, welche durch Thäler von einander getrennt sind, die sich oft tief in das Innere der Ketten fortsetzen. Die Gliederung der Gebirge, die Anordnung der Thäler, die eine Folge davon ist, hängen stets aufs Innigste mit der Structur der Ketten zusammen. Meist stehen die Ausläufer §. 41.

in mehr oder minder rechtem Winkel auf der Hauptaxe der Kette, und bei dieser Quergliederung finden sich dann Querthäler, an deren Ende gewöhnlich die hauptsächlichsten Pässe als Resultate des Einschnittes sich zeigen. Gewöhnlich sind diese Querthäler, die oft den Charakter einfacher Aufrissspalten nehmen (Fig. 12),

Fig. 12.



Plan eines Aufrissthales (Ruz) im französischen Jura.

nicht vollkommen gerade, sondern nehmen namentlich im Inneren der Ketten einen mehr gebogenen Verlauf.

Die parallele Gliederung der Gebirgszüge ist weit weniger verbreitet, und auf dem europäischen Continente hauptsächlich nur in dem Juragebirge ausgebildet. Die ganze Kette zeigt dann lange parallele Rücken, die durch wellenförmige Einbiegungsthäler von einander getrennt sind und durch Querrisse einen Abfluss für die Gewässer möglich machen. Diese Bildung der Gebirge scheint hauptsächlich durch Seitendruck bedingt, wodurch die Schichten statt zu zerreissen, einfach gebogen wurden, und in der That kann man nach dieser Structur Einbiegungsthäler und Zerreissungsthäler unterscheiden, deren Anordnung stets für die Structur der einzelnen Ketten von besonderer Wichtigkeit ist (Fig. 13).

Fig. 13.



a Zerreissungsthäler. *b* Einbiegungsthäler.

Eine dritte Art der Gliederung kann man als die strahlende Gliederung bezeichnen. Die Glieder und mit ihnen die Thäler laufen dabei von einem Punkte strahlenförmig nach alle

Richtungen aus. Es findet sich diese Disposition hauptsächlich bei einzelstehenden Massengebirgen, besonders vulcanischen Ursprungs, wie z. B. beim Cantal und Mont-Dore, oder an dem Ende langgestreckter Ketten, wie an den südlichen Enden der Meeralpen, des Ural und der Cordilleren.

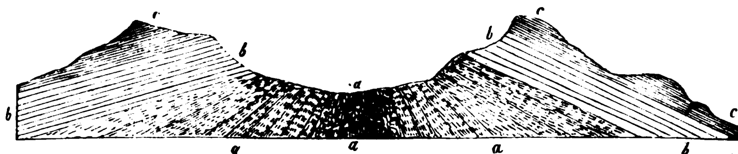
Thäler. Querthäler. Längsthäler. Thalgehänge. Erhebungsthäler. Innerhalb der Gebirge sind die Thäler stets von der Structur des Gebirges selbst abhängig, — meistens sind es Risse, die dann gewöhnlich durch die Stosskraft der Gewässer erweitert und verändert werden, oft aber auch hängt die Gegenwart von Thälern nur einfach mit dem Wechsel der Schichten zusammen, welche die Lippen des Thales bilden. Die Verfolgung der Querthäler lässt dem Geologen meist die Structur der Schichten und ihre Aufeinanderlagerung, welche sich in dem Risse zeigt, erkennen, während die Längsthäler ihm gewöhnlich die Grenzen angeben, bis zu welchen einzelne Formationen vordringen. Die Thalgehänge oder die Wände der Thäler zeigen eine zweifache Anordnung Oft entsprechen sie sich gegenseitig so, dass einem vorspringenden Sporn auf der einen Seite eine Einbiegung auf der anderen Seite entspricht. Das Thal der oberen Rhone und des oberen Rheines liefern Beispiele dieser Art. Oft aber besteht auch die Thalsohle aus einer Reihe kesselartiger Erweiterungen, welche durch schmale Thalrisse mit einander verbunden sind, wie z. B. das Haslithal im bernischen Oberlande. Gewöhnlich beginnen solche Thäler mit einer weiten kesselartigen Vertiefung oder einem Circus, von welchem sich viele Beispiele namentlich in den Pyrenäen und Alpen finden. §. 42.

Als eine besondere Art von Thälern dürfte man noch gewisse kesselförmige Thäler bezeichnen, in deren Umgebung sich überall steile Berggehänge erheben, an denen die Schichten mit ihren zerrissenen Flächen zu Tage gehen. Die Schichten fallen von dem Mittelpunkte solcher Thäler nach allen Seiten ab, als wenn hier ein Kern bestände, an den sie sich anlehnen, der aber nicht auf der Oberfläche erschienen ist. Das Thal von Pyrmont bietet ein Beispiel eines solchen kesselförmigen Erhebungsthales dar (Fig. 14 a. f. S.).

Unabhängigkeit der Thäler in Gebirgen und Ebenen. Erosionsthäler. In geographischer Beziehung scheinen die Thäler oft durchaus unabhängig von den Gebirgs- §. 43.

ketten, obgleich doch bei genauerer Untersuchung ihre Anordnung wesentlich von der Structur der letzteren abhängt. Die

Fig. 14.



Rissthäler dringen oft so tief ein, dass die Bergketten dadurch gänzlich gespalten, und ihr Charakter als Wasserscheiden vollkommen aufgehoben wird. Das Juragebirge wird fast überall von den Flüssen, die hinter ihm entspringen, quer durchbrochen, und Beispiele ähnlicher Art, wo die höchsten Kämme nicht die Wasserscheiden bilden, finden sich in Menge in einzelnen Gebirgsketten.

Diese Unabhängigkeit der Thäler von den Gebirgen prägt sich aber namentlich in den Ebenen aus, wo die Flussthäler gewöhnlich reine Erosionsthäler sind, nämlich Rinnen, welche durch die Stosskraft des Wassers ausgehöhlt wurden. In den Gebirgen ist das Wasser gewöhnlich nur das zweite Moment, welches ursprünglich vorhandene Risse erweitert und ausarbeitet; in den Ebenen dagegen schneidet es selbständig die Thäler sich ein, durch welche es dem Meere zueilt.

§. 44. **Aufschüttung loser Massen.** Das Relief der Boden-

Fig. 15.



oberfläche hängt mit der inneren Structur derselben so genau zusammen, dass ein geübtes Auge oft die eine aus der anderen erkennen kann. Aller Orten kommen Bodenerhöhungen vor, welche durch die Aufschüttung loser Materialien bedingt sind. Der Böschungswinkel dieser Erhabenheiten hängt von der Grösse, Gestalt und Glätte der Materialien ab. Er kann um so steiler sein, je eckiger die Blöcke sind, aus welchen er gebildet ist. Die Dünen und Flugsandhügel, die namentlich am Meeresstrande vorkommen, die vulcanischen Eruptionskegel, die Schutt- und Schwemmkegel, welche in den höheren Gebirgen an dem Ausgange der seitlichen Thalrisse sich finden (Fig. 15), bilden Beispiele dieser aufgeschütteten Massen.

Gestalten aus unbestimmter Structur. Gestalten aus tafelförmiger Absonderung. Gestalten aus prismatischer Absonderung. Gestalten aus Schichten. Unter den Formen, welche aus festeren Substanzen gebildet werden, kann man etwa folgende unterscheiden: §. 45.

1) Gestalten aus unbestimmter Structur des Inneren. Sie finden sich in krystallinischen, ungeschichteten Gebirgen, wo die Massen stark zersplittert und verwittert sind und gewöhnlich hohe rundliche Kuppen darstellen. Die Gipfel der Vogesen und des Schwarzwaldes, der Brocken bieten Beispiele solcher verwitterten Kuppenformen dar.

2) Gestalten aus tafelförmiger Absonderung. Sie sind vorzugsweise den höheren Gebirgsketten eigen, wie z. B. den Alpen und Karpathen. Die krystallinischen und geschichteten Gesteine, welche diese Ketten zusammensetzen sind, nach gewissen Richtungen, in Tafeln zerspalten, die wieder auf die mannigfaltigste Weise zerrissen sind und in Form von Nadeln, Hörnern, Zähnen und Stöcken in die Höhe ragen (Fig. 16 a. f. S.).

Die scharfe Gestalt dieser Zacken hängt wesentlich von dem Widerstande der Gesteinsmassen gegen die Einwirkung der Atmosphäre ab.

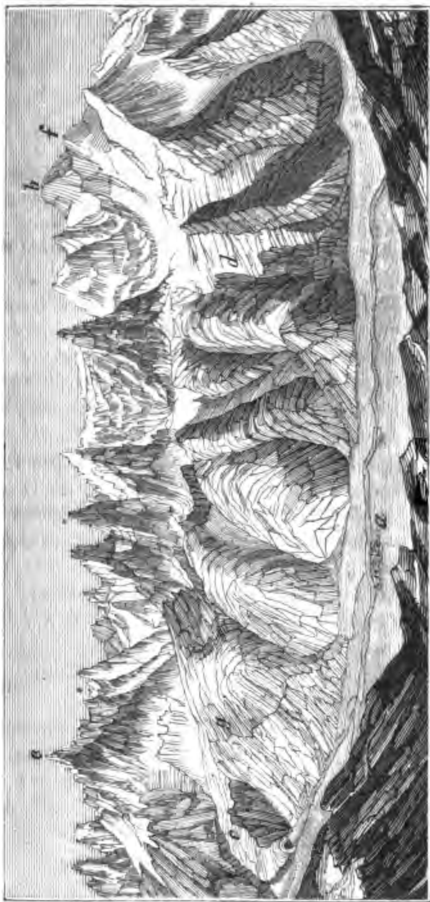
3) Gestalten aus prismatischen Absonderungsflächen. Sie finden sich nur bei solchen Massen, welche in feurigem Flusse waren und langsam erkalteten, wobei sich die ganze Masse in prismatische Stücke spaltete, in Säulen, die senkrecht auf der Abkühlungsfläche stehen (Fig. 17 a. S. 41).

Die meisten basaltischen- und Trappgebilde bieten Beispiele dieser Anordnung dar. Gewöhnlich ist die äussere Form der

Massen die rundlicher Kuppen oder auch hoher Plateaus mit senkrechten, von den Säulen gebildeten Abstürzen (Fig. 18).

4) Gestalten aus Schichtung. Alle diese Gestalten lassen sich, wenn sie auch noch so verwickelt sein mögen, auf die gerade Linie zurückführen. Sie gehen eines Theils aus der Wirkung der Kräfte hervor, welche die Schichten zerrissen, empor-

Fig. 16.



Kette des Montblanc vom Breven aus.

a Chamouni. *b.* Montblanc. *c* Mer de glace. *d* Bossons - Gletscher. *e* Aiguille verte. *f* Dôme du Goutâ. *g* Montanvert.

gehoben, geknickt und verwirrt haben (Fig. 19 a. f. S.); anderentheils aus der verschiedenen Verwitterbarkeit der einzelnen Schich-

Fig. 17.

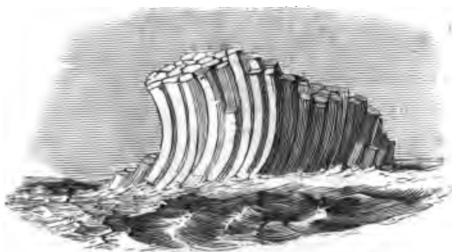


Fig. 18.



ten, die dann je nach dem Widerstande, den sie dem Einfluss der Atmosphäre leisten, bald als Terrassen, bald als Gesimse, oder auch als Leisten hervorstehen. Viele Höhlen sind nur dadurch entstanden, dass die verwitterten Substanzen von dem Gewässer fortgeführt wurden.

Combination der verschiedenen Gestalten. Alle §. 46
diese verschiedenen Gestalten können in die Zusammen-

setzung einer grösseren Bergkette eingehen, wodurch dann eben der Wechsel in den Formen derselben bedingt wird. Eine



Fig. 19.

Gegend von Bärschwyl im Solothurner Jura.

Bergkette, welche nur aus geschichteten Gesteinen z. B. besteht, wird stets eine grosse Einförmigkeit der äusseren Gestalt zeigen,

während solche Gebirgsketten, wo Durchbrüche krystallinischer oder vulcanischer Gesteine, Tafelabsonderungen und geschichtete Gesteine vorkommen, mehr Reichthum und Abwechselung darbieten. Nirgends ist dieser Contrast schärfer ausgesprochen, als in der Schweiz, wo einerseits die langweilig eintönige Mauer des durchaus geschichteten Jura, andererseits die aus krystallinischen, tafelförmigen und geschichteten Gesteinen reich zusammengesetzte Alpenkette das ebenere Land einfassen.

Gesteinslehre.

§. 47. **Gesteine. Wesentliche Bestandtheile derselben. Zustand, worin sie sich finden.** Die Gesteine oder Felsarten, welche das Grundmaterial der gesammten Erdkruste bilden, sind meistens keine einfachen Mineralien, sondern Gemenge aus verschiedenen einzelnen Mineralspecies, die in ihrer Eigenschaft als Gemenge eigenthümliche Charaktere besitzen und in dieser Zusammensetzung oft auf die bedeutendste Art sich ändern. Einzelne Mineralspecies, wie z B. der kohlensaure Kalk, der Serpentin, bilden zwar für sich allein ebenfalls Felsarten, die in bedeutenden Massen als wesentlich bildende Theile der Erdkruste auftreten; sonst aber hat es der Geologe meist mit Gemengen zu thun, in welchen die Erkennung der einzelnen Bestandtheile oft äusserst schwierig ist. Die Zahl der einzelnen Mineralien, welche man als wesentliche Bestandtheile der Gesteine ansehen kann, ist im Ganzen nicht gross. Quarz, die verschiedenen Feldspathe, Glimmer, Talk, Serpentin, Hornblende, Augit, Pyroxen, Granat, verschiedene Eisenerze, kohlensaurer Kalk, Dolomit, Gyps und Anhydrit, Steinsalz, Thon und Kohle dürften die wesentlichsten Bestandtheile sein, welche in dem Gesteine sich vorfinden. Die Zahl dieser am häufigsten vorkommenden Bestandtheile ist, wie man sieht, im Verhältniss zur Zahl der bekannten Mineralarten gering; so dass also eine gewisse Kenntniss der Gesteine auch mit wenigen Vorkenntnissen in der Mineralogie erlangt werden kann. Erschwert wird aber die Untersuchung der Gesteine meistens durch den Zustand, in welchem sich die bildenden Bestandtheile der Gesteine befinden. Die krystallinischen Elemente sind nur selten vollständig ausgebildet, meistens dagegen verkrüppelt und verworren, so dass ihre Gestalt nur schwer erkannt werden und die einzelnen

Krystalle nicht rein genug von einander gesondert werden können, um eine sichere chemische Analyse zu gestatten. Meist bedarf es einer genauen mechanischen Analyse, bei welcher man das Gestein pulvert und durch Schlämmung die verschiedenen Bestandtheile von einander zu sondern sucht, wo man dann in den erhaltenen Absätzen die Gestalten der winzigen Kryställchen oft mit der Loupe oder dem Mikroskope zu erkennen suchen muss. Auch zu der chemischen Analyse bildet dieser Schlämmungsprocess die wesentlichste Einleitung.

Accessorische Bestandtheile. Uebergänge zwischen verschiedenen Felsarten. Metamorphische Gesteine. §. 48.
Man unterscheidet häufig zwischen Hauptbestandtheilen und accessorischen Bestandtheilen der Gesteine, je nach der Häufigkeit ihres Vorkommens. Oft ist es aber unmöglich, eine scharfe Grenze zu ziehen, indem die Uebergänge der meisten Felsarten gerade dadurch bedingt werden, dass ein Bestandtheil, welcher anfangs nur äusserst selten und wie zufällig eingesprengt vorkam, nach und nach so zunimmt, dass er zum Hauptbestandtheil wird und vielleicht ein anderes Element, welches anfänglich in bedeutender Menge vorhanden war, gänzlich verdrängt. Die Verfolgung dieser Uebergänge aus einer Felsart in die andere erscheint gerade deshalb wichtig, weil sie oft bedeutende Fingerzeige hinsichtlich der Entstehung und der weiteren Veränderung der Felsmassen liefert. Die Gesteine zeigen sich nur selten in derjenigen Form, in welcher sie ursprünglich gebildet wurden, fast alle lassen Veränderungen erkennen, welche auf verschiedenen Ursachen beruhen und die oft so weit vorgeschritten sind, dass die ursprüngliche Structur und Zusammensetzung nur mit Mühe erkannt werden kann. Solche Gesteine hat man vorzugsweise mit dem Namen der metamorphischen Gesteine belegt, obgleich auch in dieser Beziehung eine gewisse Willkür herrscht, indem kein sicherer Maassstab für die Beurtheilung des Fortschrittes der Metamorphose in den Felsarten vorhanden ist. Je nach der Structur kann man auch unterscheiden: Krystallinische Gesteine, die wesentlich aus Krystallgemengen bestehen; klastische oder Trümmergesteine, die aus Bruchstücken zertrümmerter Massen gebildet sind, und endlich amorphe Gesteine, an denen keine Art von Structur sich erkennen lässt und die dem Glase einigermaassen ähneln.

Beschreibung der Felsarten.

Krystallinische Gesteine.

1. Granitische Gesteine.

§. 49. Definition. Alle diese Gesteine bestehen aus Krystallen, welche sich wechselseitig durchdringen und gewöhnlich in gleichem Maasse ausgebildet haben. Ihre Grundmasse erscheint dann insofern homogen, als die einzelnen Krystalle sich wechselseitig hart aneinander schliessen und den Raum gleichmässig erfüllen. Je nach der Grösse der Krystalle unterscheidet man grobkörnige und feinkörnige Gesteine, in welchen letzteren die Krystalle oft so klein werden, dass man sie nur mit Vergrösserungsgläsern erkennen kann. Oft bilden sich in diesen krystallinischen Gesteinen Blasenräume, Zellen, die bald leer bleiben, bald sich mit Krystallen füllen, mit sogenannten Krystalldrusen oder auch mit später infiltrirten Substanzen, die dann gewöhnlich eine rundliche Form, Mandeln oder Nüssen ähnlich, besitzen. So finden sich zahlreiche Uebergänge aus der einfachen krystallinischen Structur in Drusengesteine, Mandelgesteine und in porphyrische Structur, wo in einer scheinbar amorphen, aus höchst kleinen Kryställchen zusammengesetzten Grundmasse grössere Krystalle fest eingeschlossen und zerstreut liegen.

§. 50. Granit. Zusammensetzung. Aeussere Erscheinungsform. Verwitterung. Felsenmeere. Der Granit besteht gewöhnlich aus drei deutlich getrennten Mineralien, Feldspath, Quarz und Glimmer. Der Feldspath ist gewöhnlich Orthoklas, seltener Oligoklas oder Albit; er bildet gewöhnlich mehr als die Hälfte der ganzen Masse, und die Farbe des Granites im Ganzen hängt von der Färbung des Feldspathes ab, die gewöhnlich weisslich oder mattweiss, seltener grau, röthlich und nur in Ausnahmsfällen blau, gelb, grün oder ziegelroth ist. Der Quarz, der meistens weiss erscheint, ist aus krystallinischen Körnern zusammengeballt, die meist muscheligen Bruch, fettigen Glanz zeigen und nur selten eine ausgebildete Krystallgestalt

haben. Der Glimmer bildet kleine Blättchen und Schuppen, deren oft dunkle Farbe einen schönen Contrast gegen die heller gefärbte Grundmasse zeigt, wodurch der Glimmer mehr in die Augen fällt, als dies nach der verhältnissmässig geringen Menge der Fall sein sollte. Unter den eingesprengten Mineralien sind als besonders wichtig Talk, Granat, Turmalin, Schörl, Topas, Eisenkies, Magneteisen und Zinnerz zu nennen. Gold scheint

Fig. 20.



Der Cheeswring bei Liskeard in Cornwallis.

fast in allen granitischen Gesteinen, besonders als Begleiter des Quarzes, vorzukommen. Der eigentliche Granit bildet bedeutende Strecken auf der Erdoberfläche und zeigt sich dann meist in

Form von hügeligen Plateaus oder von runden Kuppen, die eine gewisse Schalenstructur haben, nach welcher auch die Ablösung des Gesteins am leichtesten gelingt. Ausserdem sieht man zuweilen, wie an dem Kyffhäuser, kugelförmige Absonderungen, zuweilen selbst Säulen oder Platten. Der Verwitterung widerstehen die Granite in sehr ungleicher Weise, die feinkörnigen meist weit besser als die grobkörnigen, und häufig zeigen sich einzelne Kerne, welche bedeutend fester sind als die umgebende Masse, und offenbar aus einer um gewisse Mittelpunkte gruppirten Anordnung hervorgegangen sind, welche erst durch die Verwitterung deutlich wird. Bei der Verwitterung zerfällt der Granit zuerst in Sand, in dem dann diese festeren Kerne als Blöcke liegen bleiben. Die bedeutendsten Massen von Sandanhäufungen, in denen man die Krystalle noch, mehr oder minder erhalten, unterscheiden kann, finden sich auf der Oberfläche oder in der Umgebung granitischer Gebirge, wie z. B. des Odenwaldes und der Bergstrasse, der Auvergne, in Finnland und Schweden. Bei der Wegführung des Sandes und der verwitterten Massen bleiben oft die unverwitterten Kerne in seltsamen Trümmer- und Haufmassen zurück, die unter dem Namen der Felsenmeere oder Teufelsmühlen bekannt sind und die meisten granitischen Klippen, wie z. B. den Brocken, den Blauen und einzelne Kuppen des Odenwaldes krönen. Durch die ungleiche Verwitterung und das Uebereinanderstürzen der verwitterten Massen entstehen oft die seltsamsten Formen und Lagerungen (Fig. 20 a. vor. S.).

§. 51. Protogin. Schriftgranit. Greisen. Schörlfels. Granulit. Syenit. In der Umgegend des Montblanc, so wie in einigen anderen Gebirgen, sinkt der Glimmer in der granitischen Masse allmälig zurück und wird durch Talk ersetzt, welcher dem Gesteine eine grünliche Farbe und ein fettartiges Anfühlen giebt. Der Quarz wird seltener, obgleich er niemals gänzlich fehlt, und der Feldspath zeigt zwei Varietäten, Orthoklas und Oligoklas. Man hat diese Felsart, die demnach schon eine reichere Mengung als der Granit besitzt, mit dem Namen Protogin bezeichnet. Sie verhält sich in geologischer Beziehung durchaus ebenso wie der Granit.

In dem Schriftgranit (Pegmatit, Aplit, Judenstein) verschwindet der Glimmer vollständig, der Feldspath ist aus grösseren Krystallen zusammengesetzt, in welchen stängliche, verkrüppelte, regellose Gestalten unausgebildeter Quarzkrystalle so eingewachsen sind, dass die Ordnung an hebräische Schrift er-

innert. Der Pegmatit bildet meistens Nester mit vielen eingesprengten wohlkrystallisirten Mineralien.

In dem Greisen, einem hellgrauen, grobkörnigen Gesteine, verschwindet der Feldspath nach und nach gänzlich, während meistens Zinnerz reichlich in der aus Quarz und wenigem Glimmer bestehenden Masse entwickelt ist. Er kommt im Erzgebirge bei Altenburg und Zinnwald, bei Schlakenwalde in Böhmen und in Cornwallis vor. Wenn der Glimmer in dieser Masse durch schwarzen Turmalin oder Schörl ersetzt ist, so wird das Gestein, das ebenfalls meist reich an Zinnerz ist, Schörlfels genannt.

Eine andere Art der Degradation des Granites zeigt sich in dem Granulit (Weissstein, Leptinit, Felsit), in welchem zuerst der Glimmer und nachher der Quarz allmälig verschwindet. Letzterer bildet gewöhnlich kleine Lamellen, die dem Gesteine, das häufig eingestreute Granatkrystalle enthält, oft ein schieferiges Aussehen ertheilen. Der Granat und der Quarz verschwinden dann häufig ebenfalls ganz, so dass reiner körniger Feldspath zurückbleibt.

In dem Syenit wird der Glimmer allmälig durch Hornblende ersetzt, doch in der Weise, dass meistens beide Bestandtheile noch zusammen neben dem Quarz und dem Orthoklas vorkommen. Da der Feldspath der Syenite meist lichtroth oder weiss, die Hornblende dagegen grün oder schwarz ist und diese Gesteine der Verwitterung sehr gut widerstehen, so sind die Syenite, die sich besonders in Scandinavien, in den Vogesen und in Oberägypten finden, als Baumaterial ausserordentlich geschätzt.

Gneiss. Sämmtliche granitische Gesteine, die wir so §. 52.
eben erwähnten, können durch die Lagerung ihrer Bestandtheile eine gebänderte oder selbst schieferige Structur annehmen, und führen dann den Namen Gneiss; gewöhnlich ist der Glimmer dasjenige Element, welches sich zuerst nach gewissen Richtungen lagert, ihm folgt der Feldspath und zuletzt der Quarz, wo dann die grobschieferige Structur deutlich hervortritt, während bei dem Beginne dieser Ausbildung die Elemente so aussehen, als seien sie aus einzelnen in die Länge gestreckten Faden oder Bändern zusammengeleimt, eine Anordnung, die man mit dem Namen der flaserigen Structur belegt hat. Am gewöhnlichsten wendet man den Namen Gneiss auf die grobschieferigen Granite an, welche durch Aufrichtung der gewaltigen Tafeln, aus denen sie zusammengesetzt sind, jene spitzen Nadeln und Hörner bilden,

die in vielen Hauptgebirgen besonders in die Augen fallen. Die schieferigen Protogine hat man auch unter dem Namen Adergranit unterschieden, während man für den Syenitgneiss und den Weisssteingneiss keine besonderen Bezeichnungen hat. Ihrerseits gehen wieder die Gneisse durch Zunahme der schieferigen Structur in die sogenannten Glimmerschiefer über.

2. Porphyrgesteine.

§. 53. Definition. Porphyrgranit. Feldsteinporphyr. Rother Porphyr. Thonporphyr. Verwitterung. Kaolin. Der Granit nimmt häufig dadurch eine Porphyrstructur an, dass einzelne Feldspathkrystalle, meistens Zwillinge, inmitten einer sehr feinkörnigen Grundmasse sich ausbilden. Wesentliche Fundorte solchen Porphyrgranites sind im Fichtelgebirge, bei Karlsbad, bei Heidelberg, bei Baveno am langen See. Die eigentlichen Porphyre lassen auch bei stärkeren Vergrösserungen keine deutliche krystallinische Structur der homogenen Grundmasse erkennen, in welcher grössere eckige Krystalle von derselben Mineralspecies, aus welcher die Grundmasse gebildet ist, sich ausgeschieden haben. Die Grundmasse der gewöhnlichen oder sogenannten Feldsteinporphyre ist gewöhnlich aus zwei Elementen, aus Orthoklas und Quarz, zusammengesetzt; Krystalle beider Substanzen finden sich in dieser Grundmasse zerstreut und der Glimmer fehlt gewöhnlich gänzlich. Rothe und gelbbraune Farbe herrscht gewöhnlich vor, weshalb man auch die rothen Porphyre häufig unterschieden hat. Meist ist die Grundmasse compact, zuweilen finden sich mehr oder minder körnige Grundmassen, in seltenen Fällen kugelige, viel häufiger aber plattenförmige Absonderungen, so dass man solche Porphyre als Trottoirplatten benutzt. Die Thonporphyre unterscheiden sich nur durch weichere erdigmatte Grundmasse, welche leicht verwittert, wodurch dann ein Thon gebildet wird, in dem die Feldspathkrystalle zerstreut liegen.

Die Porphyre verwittern in ähnlicher Weise wie die Granite und gehen bei einer bestimmten Art der Zersetzung so wie diese in Kaolin oder Porcellanthon über. Die Grundmasse der Granite und Porphyre zersetzt sich unter dem Einflusse der Atmosphäre und der Sickerwasser in zwei Silicate, ein leicht lösliches Kalisilicat, welches weggeführt wird, ein schwerlösliches Thonerdesilicat, das in Form einer hellen, leicht zerreiblichen Thonmasse zurückbleibt, die sich mager anfühlt, an der Zunge

klebt, mit Wasser nur schwer einen Teig bildet und zu dem bekannten Porcellan durch unvollständige Schmelzung verarbeitet wird. Die Lagerstätten guten Porcellanthones finden sich theils wie diejenigen von Meissen und Altenburg im Porphyr, theils im Granit wie die von Limoges, Karlsbad und St. Stephans in Cornwallis.

Varietäten. Syenitporphyr. Minette. Quarzarme Porphyre. Pechstein. Spilit. Pyromerid. Aeussere Erscheinung. Als besondere Varietäten der Porphyre werden noch besonders die Syenitporphyre von Altenburg in Sachsen erwähnt, die eine sehr feinkörnige rothe Grundmasse aus Feldspath, Quarz und Glimmer besitzen, in welcher grosse rothe Feldspathkrystalle und kleine Schuppen eines dunkelgrünen Minerals (Glimmer oder Chlorit) eingesprengt sind. Ebenso bezeichnet man in den Vogesen ein weiches, schuppiges, braunes Gestein, in welchem viele Glimmerkrsytalle eingewachsen sind, als eine Varietät des Porphyrs unter dem Namen Minette. §. 54.

Häufig verschwindet der Quarz gänzlich aus den Porphyren und wird dann durch Glimmer oder Hornblende in diesen quarzarmen Porphyren ersetzt.

Der Pechstein (Retinit, Stigmit) bildet ein durchscheinendes, wachsglänzendes natürliches Glas von meist brauner oder schwarzer Farbe und muschelig rauhem Bruche, in welchem oft Krystalle von Feldspath, Quarz oder Glimmer, Nester- und Kugelconcretionen entwickelt sind. Der Pechstein bildet stets Gänge und stellt offenbar vollkommen geschmolzenen Porphyr dar, mit dem seine Zusammensetzung identisch ist.

Die Spilite oder Porphyrmandelsteine bilden eine homogene Felsart von grünlicher oder schwärzlicher Farbe und etwas körniger Grundmasse, in der Zellen und Blasen entwickelt sind, die durch spätere Infiltration gewöhnlich mit Kalkspath, zuweilen aber auch mit Kieselmasse, mit Agath, Hornstein oder ähnlichen, durch das Wasser eingeführten und abgesetzten Mineralien ausgefüllt sind. Die Grundmasse enthält gewöhnlich feine Lamellen von Labrador, Feldspath und Quarzäderchen. Diesen Spiliten schliessen sich die Pyromeride an, deren Grundmasse wesentlich aus Saussurite besteht, in welchem Knoten und Ganglien eingestreut sind, die einen strahlig krystallinischen Bau besitzen.

Die Porphyre bilden meistens, wenn sie in grösseren Massen vorkommen, rundliche Hügelkuppen mit sanften Abhängen und wellenförmigen Thälern dazwischen; sonst findet man sie auch

häufig in Gestalt von Gängen oder gangartigen Lagern zwischen anderen Gesteinen eingesprengt.

3. Hornblende-Gesteine.

§. 55. Diorit. Kugeldiorit. Norit. Dioritporphyr. Hornblendefels. Hornblendeschiefer. Strahlsteinschiefer. Kersanton. Hemithren. Hornblendepechstein. Eklogit. Der Diorit, welcher in dieser Reihe dem Granit oder Syenit entspricht, stellt ein körnig krystallinisches Gestein aus Hornblende und Albit gemengt dar, welches meistens eine ins Grünliche spielende dunkele, nur selten durch Ueberwiegen des Albits hellere Farbe besitzt, welche von der gewöhnlich dunkelgrünen Hornblende herrührt, die den weisslichen oder grünlichen Feldspath überstrahlt. Glimmer, Quarz, Eisenkies kommen häufig als eingesprengte Mineralien in den massigen Dioriten vor, die oft schieferige Structur annehmen und in Hornblendeschiefer übergehen.

Bei Vermehrung der Hornblende und Zurücksinken des Feldspathes entsteht ein sehr dunkles, höchst feinkörniges Gestein, der Ophit, welcher fast nur an dem Nordrande der Pyrenäen in Form kleiner Hügelkuppen vorkommt.

Auf Corsica findet man den sogenannten Kugeldiorit, wo in einer fast homogenen Grundmasse rundliche Kugeln von concentrisch faseriger Structur abgelagert sind, die aus Anorthit und abwechselnden Lagern von Hornblende bestehen.

Durch das Zurücksinken der Hornblende und das Ueberwiegen des Albits wird in Norwegen ein körniges Gestein erzeugt, welches man mit dem Namen Norit belegt hat.

In den Dioritporphyren ist eine gleichförmige Grundmasse hergestellt, in welcher grössere Krystalle vom Albit und Hornblende sich ausgebildet haben. Oft enthalten diese Dioritporphyre eine bedeutende Menge Kalk, veilleicht in Folge beginnender Zersetzung.

Bei gänzlichem Zurücksinken des Feldspathes findet man hier und da eine körnige, grünschwarze Felsart, den Hornblendefels, welcher aus körniger Hornblende besteht, in welcher man Granate, Eisenkies, Feldspath, Quarz und Glimmer eingesprengt findet. Dieses Gestein nimmt oft eine vollständige Spaltbarkeit an und wird so Hornblendeschiefer, der mancherlei Uebergänge in die Glimmerschiefer und Talkschiefer zeigt. Zuweilen wird die Hornblende durch Strahlstein ersetzt, woraus

die Strahlsteinschiefer hervorgehen, die eine helle lauchgrüne Farbe, langfaserige Krystallisation und eigenthümlich schillernden Glanz zeigen.

Ein schwer verwitterndes dunkelschwärzliches Gestein aus Hornblende, dunkelem Glimmer und grünlichem Feldspath gebildet, ist der Kersanton, der in der Bretagne und in den Vogesen vorkommt, und durch Aufnahme von Kalk und Verlust von Glimmer in den sogenannten Hemithren übergeht.

In dem Hornfels verschwindet das Korn der Masse fast gänzlich, so dass zuletzt ein Gestein von muscheligem Bruch und hornigem Ansehen entsteht, dass in demselben Verhältnisse zu den Dioriten zu stehen scheint, wie der Pechstein zu den Porphyren.

Der Eklogit ist ein helles, smaragdgrünes Gestein, aus grüner Hornblende, Strahlstein und Albit zusammengesetzt, in welchem meistens viele rothe Granate eingesprengt sind. In Deutschland findet man ihn besonders in Kärnthen, Steiermark und im Fichtelgebirge.

4. Gabbro-Gesteine.

Gabbro. Hyperit. Der Gabbro (*Euphotid*, *Granitone*) ist ein körniges Gemenge aus weissem, grünem oder violettem Labrador oder Saussurit, in welchen grasgrüner Smaragdit oder olivengrüner Diallag eingesprengt ist. Es finden sich diese Gesteine meist in der Nähe der Serpentine als vereinzelte Gebirgskerne, in deren Umkreiss der Euphotid schieferig wird und gewöhnlich in Talkschiefer übergeht. Sie kommen besonders im Saasthal, in Oberitalien, in Cornwallis und Sachsen vor, und bilden meist reiche Fundgruben vielfacher Mineralien, die in den Geklüften des Gesteines krystallisiren. §. 56.

Der Hyperit der in Schottland, Schweden, in den Alpen und an der Küste von Labrador vorkommt, besteht aus einem meist grobkörnigen Gemenge von grauem Labrador und dunkelem Hypersthen, in welchem man oft ungemein grosse Labrador-Krystalle, Quarz, Titaneisen und Granat eingesprengt findet.

5. Serpentin-Gesteine.

Serpentin. Ophicalcit. Der reine Serpentin ist ein zartes, weiches, seifig anfühlbares, zähes Gestein von dunkelgrüner Farbe, dichtem, splitterigem und glanzlosem Bruche, das an der Luft braunroth wird, meistens in massigen Stücken §. 57.

vorkommt, zuweilen aber auch schieferige Absonderung zeigt, und so in wahrhaften Serpentinschiefer (grüne Schiefer) und Talkschiefer übergeht. Diesem letzteren mengt sich oft Kalk bei, wo denn der sogenannte Ophicalcit entsteht. Die Serpentinschiefer bilden oft erstaunlich kühne Nadeln und Zacken, während die ächten Serpentine als massiges Gestein sich mehr in Form rundlicher Kuppen darstellen.

6. Augit-Gesteine.

§. 58. Diabas. Diabasporphyr. Uralitporphyr. Lherzolith. Diabasmandelstein. Schalstein. Der Diabas (Aphanit) ist ein körniges Gestein aus grauem oder grünlichem Labrador oder Oligoklas und grünem, braunem oder schwarzem Pyroxen, das meist viel Chlorit enthält, der zur Erhöhung der grünen Farbe beiträgt. Bei stärkerer Ausscheidung des Chlorites wird das Gestein schieferig, zuweilen aber auch wird die Grundmasse sehr feinkörnig und scheidet Zwillingskrystalle von Labrador und Pyroxen aus. In dieser Gestalt hat man es Diabasporphyr genannt. Im Ural kommen solche porphyrartige Gesteine vor, Uralitporphyre, wo der Pyroxen durch Uralit ersetzt ist.

Bei dem gänzlichen Zurücksinken des Feldspathes entsteht der meist schieferige Augitfels oder Lherzolith, von seinem Fundorte, dem See Lherz in den Pyrenäen, so genannt.

Bei der Aufnahme von Kalk entstehen dichte Gesteine mit mattem Bruche, in denen der Kalk bald in Form rundlicher Körner (Diabasmandelstein), bald in Form von Spathkrystallen (Kalkdiabas) sich findet. Aus inniger Durchdringung der Diabasmasse mit Grauwackenschiefern und alten Kalkablagerungen geht der Schalstein hervor, ein äusserst wechselndes Gestein höchst verschiedener Zusammensetzung, das ein wesentliches Glied des rheinischen Schiefergebirges, namentlich in dem Lahnthale, bildet.

§. 59. Dolerit. Nephelindolerit. Cyclophyr. Leucitophyr. Der Dolerit (Mimesit) besteht aus einer krystallinisch körnigen Grundmasse von weisslichem, zuweilen tafelförmigem Labrador und schwarzem säulenförmigem Pyroxen, in welcher meistens Magneteisen, kohlensaurer Kalk, zuweilen auch Granat, Glimmer und Hornblende eingesprengt ist. Der Dolerit ist stets massig, meist blasig in seinem Inneren, von deutlich geflossener Structur und zuweilen von säulenförmiger oder kugeli-

ger Absonderung. Bei stärkerer Ausbildung der Labradorkrystalle geht er in Doleritporphyr über.

Im Odenwalde, bei Meiches in Hessen und in Böhmen kommt der sogenannte Nephelindolerit vor, ein körniges Gestein aus grünlichem, fettglänzendem Nephelin mit eingesprengten Krystallen von schwarzem Augit und Körnern von Magneteisen.

Der Cyclophyr (Analcimdolerit) ist ein dunkeles, fast compactes Gestein aus Analcim und Pyroxen gemengt, welches die Hauptmasse der cyclopischen Inseln am Etna bildet.

Der Leucitophyr ist ein ähnliches Gemenge aus Leucit und Pyroxen. Er bildet die unter dem Namen der Somma bekannte mantelförmige Umkleidung des Vesuvs.

Trapp. Der Trapp (Anamesit) unterscheidet sich von §. 60.
den Doleriten, mit denen er gleiche Zusammensetzung hat, durch die vollkommen dichte Gesteinsmasse von feinkörnigem, schimmerndem Bruche und grauer oder bräunlich schwarzer Masse, in welcher zuweilen grössere Krystalle von Labrador hervorstechen. Die Trappe sind offenbar geflossene Gesteine, welche ungeheure, meist tafelförmig ausgebreitete Massen bilden, die gewöhnlich sehr ausgebildete Säulenabsonderung zeigen. Häufig findet man sie in Form mächtiger Gänge zwischen anderen Gesteinen, zuweilen aber auch, wie in den Faröern, auf Island u. s. w., vollkommen isolirt als selbstständige Gebirgsmassen.

Basalt. Wacke. Die eigentlichen Basalte haben eine §. 61.
dunkelgraue, schwärzliche Farbe, unebenen, flachmuscheligen Bruch, eine bedeutende Härte und zeigen in der aus Labrador und Pyroxen gemengten, durchaus homogenen Masse stets Einlagerungen von Körnern und Kugeln von Olivin, sowie meistens Blasenräume, die mit Zeolithen aller Art als Resultat der beginnenden Zersetzung ausgefüllt sind. Sonst findet man noch als eingesprengte Mineralien Magneteisen, Glimmer, Hornblende, die zuweilen so häufig werden, dass der Basalt ein porphyrisches Ansehen erlangt; in anderen Fällen mehren sich die Blasenräume so, dass der Basalt das Aussehen einer Lava oder selbst eine förmliche Schlackenstructur erhält. Die prismatische Säulenabsonderung ist eben so häufig in den Basalten, wie in den Trappen, und häufig noch mit kugelförmiger Anordnung der Elemente vergesellschaftet. Die Basalte zeigen sich meist in Form geflossener Tafeln oder kuppenartiger Massen, welche aus Gängen auf-

gestiegen sind. Bei der Zersetzung zerfallen sie in erdige Gesteine von schmutzig grauer Farbe, die meist sehr staubig und zerreiblich sind, und in dieser Gestalt mit dem Namen Basaltwacken belegt werden. Bei fortschreitender Zersetzung gehen diese Wacken in förmlichen Thon über. Ihrer Härte und Consistenz wegen sind die dichten Basalte besonders als Strassenmaterial und Pflastersteine sehr gesucht.

§. 62. Melaphyr. Mandelstein. Der Melaphyr oder Augitporphyr besteht aus einer leicht schmelzbaren, dichten oder feinkörnigen Grundmasse von dunkelgrüner oder schwarzer Farbe, worin Pyroxen oder Hornblende in kleinen Krystallen eingelagert ist. Manchmal finden sich auch Krystalle von Labrador oder Glimmer, häufig Magneteisen, Eisenspath oder Kalkspath in der Masse, die oft Blasenräume enthält, welche sich durch spätere Infiltration ausfüllen und so den Melaphyr zum Mandelstein umwandeln, wie dies namentlich in der Pfalz bei Oberstein der Fall ist. Diese Mandelsteine werden besonders ihrer kieseligen Einschlüsse wegen (Agathe und Jaspe) ausgebeutet, während die compacten Melaphyre als Bau- und Kunstmaterial geschätzt sind.

7. Trachytische Gesteine.

§. 63. Trachyt. Trachytporphyr. Domit. Andesit. Mühltrachyt. Perlit. Obsidian. Bimsstein. Phonolith. Der glasige Feldspath oder Sanidin bildet die Hauptmasse des Trachytes, der ein poröses, rauhes, körniges Blasengestein bildet, das meist weisse oder hellgraue, selten rothe oder braune Farben zeigt. Meist scheiden sich in dieser Grundmasse tafelförmige Sanidinkrystalle, Hornblende und schwarzer Glimmer aus, während Pyroxen und Magneteisen selten sind. Zuweilen zeigt das Gestein eine schieferige oder gestreckt flaserige Structur; meistens aber bilden sich einzelne Krystalle stärker aus, so dass man wahre Trachytporphyre unterscheiden kann. Charakteristisch sind in diesen die tafelförmigen, stark rissigen Zwillingskrystalle des glasglänzenden Sanidins, die in der zuweilen erdig werdenden Grundmasse stecken. Eisen, Amphibol, namentlich aber Titaneisen, kommen äusserst häufig in den Trachyten vor, deren harte und blasige Varietäten, die nicht leicht verwittern, als Baumaterial sehr geschätzt sind. Die Trachyte bilden die Hauptmasse der jetzigen Vulcane, sowie der üngst erlosche-

nen Vulcangruppen am Rheine und in der Auvergne, und zeichnen sich stets durch die eigenthümliche Rauhigkeit beim Anfühlen aus, welche von dem glasigen Feldspathe herrührt.

Der Domit, welcher besonders in der Auvergne gefunden wird, ist ein porphyrischer Trachyt mit erdiger Grundmasse, die sich sehr leicht zersetzt und in Thon umwandelt.

Die hohen vulcanischen Kegel der Cordilleren und des Kaukasus bestehen aus einem trachytähnlichen Gesteine, dem Andesit, dessen feinkörnige oder dichte Grundmasse hauptsächlich aus Albit oder Oligoklas zusammengesetzt ist.

In den Mühltrachyten sind die grösseren Blasenräume der sehr zelligen zähen Masse mit mandelartigen Quarzconcretionen ausgefüllt, die das Gestein zu Mühlstein tauglich machen.

Perlite hat man die dichten, geflossenen Trachyte genannt, welche Massen von glasigem oder perlmutterglänzendem Aussehen darstellen, einen sehr feinen muscheligen Bruch haben und oft in sphäroidische Gesteine übergehen, so dass sie ganz aus einzelnen zusammengeflossenen Kügelchen gebildet scheinen.

Der Obsidian ist ein dunkelgrünes oder schwarzes Glas, das in Bruch, Härte, Glanz und Ansehen sich durchaus nicht von dem gewöhnlichen Bouteillenglase unterscheiden lässt. Auf der Oberfläche werden die Obsidianmassen, die man nur als geflossene Ströme in der Nähe von Vulcanen kennt, mehr oder minder zellig, und bei weiterer Ausbildung dieser zelligen Structur geht das Gestein in den Bimsstein über, eine schwammige Schlacke, die durch die Menge ihrer Blasenräume eine solche Leichtigkeit erhält, dass sie auf dem Wasser schwimmt.

Die Phonolithe oder Klingsteine sind harte, dichte Gesteine von meist dunkler oder grauer Farbe und dickschieferiger Structur, welche sich in hellglänzende Platten spalten lassen und grösstentheils aus Sanidin und Mesotyp zusammengesetzt scheinen. Durch Ausbildung kleiner Krystalle von Sanidin und Hornblende erhalten die Klingsteine häufig eine porphyrische Structur. Sie bilden stockähnliche Massen mit meist senkreckten Wänden, die gewöhnlich innerhalb vulcanischer Gebirge sich finden.

Ursprung der basaltischen und trachytischen Gesteine. Lava. Die sämmtlichen basaltischen und trachytischen Gesteine sind offenbar vulcanischen Ursprunges und in grösseren Mengen aus Spalten hervorgebrochen, viele derselben §. 6.

zeigen noch förmliche Lavenstructur, indem sie in Gestalt geflossener Ströme sich darstellen, auf deren Oberfläche Schlacken sich zeigen. Man bezeichnet überhaupt mit dem Worte Lava alle diejenigen Gesteine ohne Unterschied ihrer Zusammensetzung, welche in geschmolzenem Zustande von einem wirklichen Vulcan, von einem Krater oder einer Auswurfsöffnung ausgespien oder ausgeworfen wurden.

8. Krystallinische Schiefer.

§. 65. Glimmerschiefer. Chloritschiefer. Talkschiefer. Topfstein. Blauschiefer. In dem Glimmerschiefer (*Micaschiste*) herrscht unter den beiden hauptsächlichen Bildungselementen bald der Quarz, bald der Glimmer vor. In letzterem Falle erreicht die schieferige Spaltbarkeit, zugleich aber auch die Weichheit des Gesteines die grösste Höhe. Gewöhnlich ist der Glimmerschiefer nur grobschieferig, von grauer oder schwärzlicher Farbe, oft aber wird die Theilbarkeit so gross, dass er sich zu Dachschiefern benutzen lässt, wo dann der Quarz ebenfalls in Lamellen und Täfelchen abgelagert sich zeigt. Die Ablagerungen der Glimmerschiefermassen zeigen sich gewöhnlich in hofartigem Umkreise um die Granite und Gneisse und bilden meist scharfe, gezähnelte Kämme, die vielfach zerrissen und zerklüftet sind und in ihren Spalten einen ausserordentlichen Reichthum eingesprengter Mineralien darbieten. Häufige Einlagerungen von Kalk und Quarz, sowie Uebergänge in Gneiss und Schiefer anderer Art kommen in diesen Glimmerschieferablagerungen vor.

Der Uebergang in Chloritschiefer findet dann statt, wenn der Glimmer allmälig durch Chlorit ersetzt wird. Dieses gewöhnlich dickschieferige, meist grüne und ziemlich weiche Gestein findet sich in ganz ähnlichen Verhältnissen um die Serpentinkerne, wie die Glimmerschiefer um die Granitkerne der Gebirge.

Der Glimmer sinkt in dem Talkschiefer (*Steaschiste*) allmälig zurück und wird durch Talk ersetzt, der den Gesteinen ein seifenartiges Anfühlen und eigenthümlichen Fettglanz giebt. Die Umgebungen der aus Protogin gebildeten Gebirgskerne werden von diesen Talkschiefern gebildet, in welchen der Quarz meistens in Körnern abgelagert ist. Durch Verminderung des Quarzes nimmt die weiche Beschaffenheit des Gesteines zu, so dass einige Abarten desselben, die unter dem Namen Topfstein (Lavezstein, *pierre ollaire*) bekannt sind, mit Messern geschnitten

und zu Töpfen und ähnlichen Geräthen verarbeitet werden können.

Der Kalkglimmerschiefer oder Blauschiefer besteht aus einer körnigen Grundmasse von Quarz und Kalk, in welcher schuppiger Glimmer in Längsreihen abgelagert ist. Oft sinkt der Quarz gänzlich zurück, so dass dann schieferige Kalke sich bilden, in denen die Absonderungsflächen durch Glimmerschüppchen bezeichnet sind.

Geschichtete Gesteine.

9. Quarzgesteine.

Quarzit. Itakolumit. Kieselschiefer. Feuerstein. Kieselguhr. Mühlstein. Der Quarzit oder Quarzfels ist eine meist weisse, ins Graue, Röthliche oder Gelbliche spielende Felsart, die unter dem Stahle Funken giebt, eine dichte oder feinkörnige Structur zeigt, zuweilen aber auch schieferige Absonderungsflächen erkennen lässt, und manchmal bei der Verwitterung in einzelne Sandkörner zerfällt. Zuweilen bilden sich auf der Oberfläche oder in der Masse vollständige Quarzkrystalle aus, wobei dann die Structur porös wird und viele Höhlungen entstehen, die nur selten mit anderen Mineralien ausgefüllt sind. §. 66.

Der Itakolumit oder Gelenkquarz unterscheidet sich von dem gewöhnlichem Quarzite dadurch, dass die Quarzkörner überall von Talklamellen umgeben werden, die den dünnen Platten, in welche sich das Gestein spaltet, eine elastische Biegsamkeit verleihen. Diese Felsart bildet am Ural und in Brasilien die Lagerstätte der Diamanten, und zeigt häufige Uebergänge in gewöhnliche Sandsteine.

Der Kieselschiefer (Phthanit) bildet harte, splitterige, grobschieferige Gesteine von schmutziggrauer Farbe, die besonders als Einlagerungen in ächten Thonschiefern sehr häufig vorkommen, und diejenige Varietät des Quarzes enthalten, die man mit dem Namen Hornstein bezeichnet.

Die Flint- oder Feuersteine finden sich meist in Form rundlicher Knollen in Kreideablagerungen, und stellen homogene

Massen von brauner oder schwärzlicher Farbe dar, die sich meistens in der Umgegend von Versteinerungen ablagern.

Die Kieselguhre (Bergmehl) sind aus losen, höchst feinpulverigen, sandartigen Massen gebildet, die fast nur aus mikroskopischen Pflanzenschälchen aus der Familie der Bacillarien bestehen. In den Trippeln sind diese feinen Schälchen mit Thon und Mergel innig gemengt, wozu meist noch etwas Eisen kommt, welches die Farbe giebt.

Die Mühlsteine (Süsswasserquarz, *Quarz meulière*) zeigen meist eine zellige Structur und Einschlüsse festerer Concretionen von Quarz oder Halbopal, innerhalb der grauen quarzigen Grundmasse. Die organischen Einschlüsse, welche sie enthalten, zeigen auf ihren Ursprung im süssen Wasser hin.

10. Kalkgesteine.

§. 67. Körniger Kalk. Cipollin. Anthrakonit. Stalaktit. Die Hauptmasse dieser Gesteine wird aus kohlensaurem Kalk gebildet. Der körnige Kalk (Marmor) ist meist weiss, mit verschiedenen Abstufungen ins Röthliche, Bläuliche oder Braune und von verschiedenem Korne, so dass die Masse meist auf ihren Bruchflächen wie Zucker erscheint. Fremde Mineralien finden sich in grosser Menge eingesprengt, namentlich wird der Bleiglanz oft dem Gebrauche der weissen Marmorarten zur Bildhauerarbeit hinderlich. Gewisse Arten des Marmors, in welchen Glimmerplättchen sich ablagern, werden Cipollin genannt, andere, die mit brenzlichen Substanzen so infiltrirt sind, dass sie eine schwarze Farbe zeigen und beim Zerschlagen stinken, bezeichnet man unter dem Namen Anthrakonit.

Die Stalaktiten und Kalksinter, welche sich namentlich da bilden, wo kalkhaltiges Wasser langsam verdunstet, zeigen ebenfalls eine körnige Structur, die aber durch Einbackung in eine homogene Masse mehr verschwommen ist.

Oolith. Pisolith. Der Oolithenkalk besteht fast gänzlich aus kleinen, kugelförmigen Kalkkörnern, die sich gegenseitig so innig berühren, dass nur geringe Zwischenräume durch Zusammenbacken der Kalkmasse ausgefüllt sind. Die Kügelchen bestehen aus concentrischen Schälchen und erlangen zuweilen die Grösse einer Erbse, wo man dann die Gesteine unter dem Namen Pisolithe oder Erbsensteine unterscheidet. Die Oolithe sind stets wohlgeschichtet, enthalten viele Versteinerungen und finden sich besonders in den jurassischen Ablagerungen so vor-

waltend entwickelt, dass man diese auch häufig Dolomitengebirge genannt hat.

Kreide. Kreidemergel. Chloritische Kreide. Mit §. 69.
dem Namen der Kreide bezeichnet man sehr feinkörnige, geschichtete Kalkmassen von erdigem Bruch, als deren reinster Typus die gewöhnliche Schreibkreide erscheint, die aber nur als Ausnahme innerhalb der Kreidemassen vorkommt, welche meist mit Thon, Mergel oder Sand mehr oder minder gemischt erscheinen. Das scheinbar amorphe Kalkpulver, das die Kreide bildet, besteht grösstentheils aus mikroskopischen Kalkschälchen von Foraminiferen (Rhizopoden). Die Kreidemergel spielen besonders eine bedeutende Rolle in diesen Ablagerungen. Nicht minder häufig findet sich die chloritische Kreide (Glaukonit), die meist sandig und mit vielen Quarz- und Chloritkörnern gemengt ist.

Dichter Kalk. Falscher Marmor. Lumachellen- §. 70.
Kalk. Grobkalk. Süsswasserkalk. Tuff. Travertin. Kalkschiefer. Mergel. Die dichten Kalksteine, welche, in Schichten abgelagert, ganze Länder und Gebirgsketten bilden, zeigen eine vollkommen homogene oder feinkörnige Masse von muscheligem Bruch und eine meist hellgraue, ins Gelbe oder Bläuliche spielende Farbe. Versteinerungen sind oft so häufig innerhalb dieser Kalkmassen, dass die ursprünglich abgelagerte Substanz nur als Bindemittel erscheint, und hierdurch, sowie durch die Ausfüllung der Spalten und Risse des compacten Kalkes, durch verschieden gefärbte Kalkinfiltrationen werden die falschen oder geäderten Marmore gebildet, die weit häufiger als der ächte Marmor zu Kunstarbeiten verwendet werden. Kalksteine, in welchen unregelmässige Fragmente durch Kalkmassen zusammengebacken sind, bezeichnet man mit dem Namen Breccien- oder Lumachellenkalk. Der Name Grobkalk wird auf Kalksteine angewendet, in welchen durch ausgewitterte Versteinerungen eine zellige Structur hergestellt ist und die Masse eine unreinliche, grobkörnige Beschaffenheit zeigt.

Die Süsswasserkalke unterscheiden sich von den gewöhnlichen dichten Kalksteinen theils durch den Einschluss ihrer Versteinerungen, theils auch durch eine gewisse Porosität, welche von der Entwickelung der Gasbläschen auf dem Grunde der seichten Süsswasserseen und von der Auswitterung der eingeschlossenen Pflanzen herrührt. Geht diese Porosität so weit, dass eine

schwammig zellige Masse gebildet wird, welcher man den Absatz um Pflanzenreste fast in jedem Theilchen ansieht, so werden die Gesteine Tuffe oder Trasse genannt, während im Gegentheil diejenigen dichten, festen Kalksteine, die sich meist mit concentrisch schaliger Structur aus strömenden süssen Gewässern ablagern, mit dem Namen Travertin bezeichnet werden.

Die geschichtete Structur des dichten Kalksteines geht häufig ins Schieferige über, meist aber ist die Bildung dieser Kalkschiefer mit Aufnahme von Thon verbunden. Gewöhnlich finden sich dann mehr oder minder isolirte Kalklinsen, die von Thonblättern so umzogen sind, dass die Schiefer eine wellenförmige Structur zeigen. Der Bruch wird dabei erdig und matt, und bei wirklicher inniger Mischung entstehen dann weiche, leicht verwitternde Gesteine, die man mit den Namen Mergel und Mergelkalke (*marne*, *calcaire marneux*) belegt, je nachdem der Kalk oder der Thon in der Mischung mehr vorwiegt. Gewöhnlich haben diese Mergel eine blaue oder schwärzliche Farbe.

§. 71. Dolomit. Bei der Verbindung des Kalkes mit Magnesia entsteht ein besonderes Gestein, das man mit dem Namen Dolomit belegt hat. Fast alle dichten Kalksteine enthalten etwas Magnesia, deren Gehalt aber in den ächten Dolomiten so ansteigt, dass ein wahres Doppelsalz aus kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia gebildet wird. Die Varietäten dieser Dolomite in Bezug auf Structur sind eben so häufig als diejenigen des wahren Kalkes; man findet durchaus compacte Dolomite von erdigem Bruch, die sich kaum von dichten Kalksteinen unterscheiden lassen, andere, die eine mehr krystallinische oder zellige Structur zeigen und endlich in die sogenannte Rauchwacke übergehen, blasige, zerfressene Massen, deren Höhlungen meist mit zersetztem Dolomit mehr oder minder angefüllt und deren Substanz mit bituminösen Stoffen durchdrungen ist, so dass sie beim Zerschlagen stinken. Der körnige, zuckerartige Dolomit kommt am häufigsten vor. Er zeigt eine gewisse Rauhigkeit beim Anfühlen und eine eigenthümliche Gruppirung der Krystalle, die mit ihren Spitzen um eine kleine Höhlung herumstehen. Die Farbe dieser Dolomite ist meist rein weiss; sie bilden ungeheure Massen mit senkrechten Abstürzen und zersetzen sich äusserst leicht, indem sie in die einzelnen Kryställchen zerfallen. Ihre Klüfte und Spalten sind wahre Fundgruben für eine Menge verschiedener Mineralien. Durch Ablagerung von Talk oder

Glimmer erhalten auch die Dolomite häufig ein schieferiges Ansehen.

11. Gypsgesteine.

Alabaster. Anhydrit. Gyps. Der schwefelsaure Kalk bildet die Hauptmasse dieser Gesteine. §. 72.

Dem körnigen Kalk entspricht der Alabaster, eine meist feinkörnige Felsart, die kleine rundliche Körner in einer homogenen Masse so eingebacken zeigt, dass sie wellenförmig durchscheinend wird. Die Farbe ist meist hell, die Weichheit bedeutend, so dass er sich leicht bearbeiten lässt. Beim Ueberhandnehmen der Verbindungsmasse nimmt der Alabaster leicht eine blätterige oder schuppige Beschaffenheit an. Er geht dann in den gewöhnlichen Gyps über, der gewöhnlich mehr oder minder bedeutend mit Thon oder Mergel gemischt ist und oft ein vollkommen erdiges oder auch faserigkrystallinisches Aussehen erhält.

Der Anhydrit oder wasserfreie schwefelsaure Kalk hat meist ein zuckerartiges körnig krystallinisches Ansehen, so dass er mit körnigem Kalk verwechselt werden könnte, wenn er mit Säuren aufbrauste. Er ist gewöhnlich mit Thon gemengt, häufig aber auch von Steinsalz durchdrungen und scheint durch Wasseraufnahme aus der Atmosphäre allmälig in Gyps überzugehen. Dieser ist ein weiches, oft amorphes, oft flaseriges oder krystallinisches Gestein von meist weisslicher Farbe, das fast immer mit Salzthon und Steinsalz vergesellschaftet ist.

12. Steinsalz.

Steinsalz. Es bildet feine bis grobkörnige, blätterige oder faserige durchscheinende Massen von metallischem Atlasglanze, die meistens im Inneren von eigenthümlichen Thon-, Anhydrit- und Gypsmassen abgelagert sind. Das natürliche Steinsalz ist meistens durch verschiedene andere Salze, worunter besonders Gyps und Chlormagnesium, verunreinigt, und zeigt bläuliche, grünliche, röthliche Farben. Meist findet man im Inneren der krystallinischen Massen kleine mit Wasser und Luft angefüllte Höhlungen. §. 73.

13. Eisenstein.

§. 74. Spatheisen. Magneteisen. Bohnerz. Eisenerze. Der Spatheisenstein (Braunkalk) ist meist compact, körnig, häufig mit Kalk, Kieselerde und anderen Mineralien verunreinigt. Er findet sich meist in geschichteten Nestern und Nieren (Eisennieren, *fer en rognon*) in verschiedenen Thonschiefermassen eingelagert, selten nur in Gestalt für sich bestehender Hügel, in welch letzterem Falle er das vortrefflichste Stahlerz bildet.

Das Magneteisen zeigt sich meist als dichte, grob- oder feinkörnige Masse von dunkelbrauner Farbe, die stark magnetisch ist und in Form von Bänken und platten Gängen in Gneissen und Glimmerschiefern auftritt.

Das Bohnerz (Raseneisenstein, *fer pisolitique*) findet sich in bedeutenden, aber meist unregelmässigen Massen innerhalb anderer Formationen und ist aus mehr oder minder kleineren Körnern zusammengesetzt, die durch ihre concentrisch schalige Structur an die Oolithe erinnern.

Die übrigen Eisenerze, wie die Eisenkiese (*pyrite de fer*), der Eisenglanz, Eisenglimmer, Thoneisenstein und Blutstein finden sich nur als eingesprengte Mineralien oder Einlagerungen von geringerer Bedeutung.

14. Fossile Brennstoffe.

§. 75. Torf. Braunkohle. Steinkohle. Anthracit. Graphit. Die verschiedenen Torfarten bilden bräunliche oder schwärzliche, blätterige oder erdige Massen, die durch eine eigenthümliche Umwandlung der Pflanzensubstanz entstehen, mit Flamme und Hinterlassung einer leichten eisenhaltigen Asche brennen und bei der Destillation Essigsäure, brenzliches Oel und brennbare Gase liefern. Ihre Fortbildung findet in feuchten, morastigen Gegenden noch immer, besonders durch chemische Umwandlung abgestorbener Moose, statt.

In den Braunkohlen ist die Veränderung schon weiter vorgeschritten. Zuweilen ist die ganze Masse erdig geworden, in anderen Fällen durch Compression blätterig. Die Braunkohle

brennt mit viel Flamme, russigem, übelriechendem Rauche und ist theilweise aus der Umwandlung älterer Torflager, theilweise aus derjenigen grösserer Wälder entstanden. Bei fortschreitender chemischer Umbildung geht sie in die

Steinkohle (*houille*) über; eine sammtartig schwarze, zerbrechliche, schimmernde Masse, die oft eine Art Metallglanz hat, eine bedeutende specifische Schwere zeigt, mit Leichtigkeit brennt, dabei aufbläht und zusammenbackt, starke Flammen wirft und bei der Destillation eine gewisse Quantität Oelgas entwickelt. Der von der Destillation bleibende, mehr rein kohlenartige Stoff wird Coke genannt. Je nach dem äusseren Ansehen und dem ökonomischen Gebrauche der Flamme und der Fähigkeit, zusammenzubacken, unterscheidet man besonders fette und magere Kohlen, von denen die letzteren sich mehr dem Coke nähern.

Der Anthracit ist eine schwarze Masse von Metallglanz, die nur schwierig ohne Flamme und Rauch, aber mit Entwickelung von ungemein viel Hitze verbrennt und bei der Destillation kein Gas entwickelt. Er stellt die letzte Stufe der Veränderung der fossilen Brennstoffe dar. Das Wasserblei (Graphit) ist eine eigenthümliche Verbindung von fast reinem Kohlenstoff mit Eisen, die nicht mehr brennt.

Klastische Gesteine.

15. Sandsteine.

Conglomerate. Nagelflue. Breccie. Sandstein. §. 76.
Psammit. Arkose. Mollasse. Macigno. In allen diesen Gesteinen sind Körner oder grössere Steine, welche vorher lose existirten und aus der Zertrümmerung früher fester Massen hervorgegangen sind, durch eine später hinzukommende Grundmasse, ein Cement, zu einem Ganzen zusammengebacken. In den Conglomeraten oder Puddingen findet man mehr oder minder grosse Rollsteine, welche gewöhnlich durch eine thonige oder thonig kieselige Masse zusammengebacken sind, zuweilen auch entstehen Conglomerate dieser Art durch das Eindringen

feurig flüssiger Massen in zersprengte Gesteinstrümmer. In den gewöhnlichen Conglomeraten, welche auf nassem Wege gebildet sind, wechselt die Grösse der eingeschlossenen Fragmente vielfach, von Kopfgrösse bis zu feinem Korne, so dass durch allmäliges Feinerwerden derselben der Uebergang zu den Sandsteinen hergestellt wird.

Die Nagelfluen (Gompholit) unterscheiden sich von den gewöhnlichen Conglomeraten durch die kalkige Bindemasse, welche mit Säuren aufbraust.

Die Breccien (*Brèche*) enthalten nicht abgerundete, sondern eckige Fragmente, meist Versteinerungen, Muschel- oder Knochenstücke, welche durch thoniges oder kalkiges Bindemittel zusammengehalten werden. Man unterscheidet ebenso wie bei den Conglomeraten auch Breccien, die auf feuerflüssigem Wege gebildet worden sind.

Bei den eigentlichen Sandsteinen, die ein mehr oder minder feines, gewöhnlich aus Kieselerde gebildetes Korn zeigen, beruht der Unterschied von losem Sande nur auf dem mehr oder minder festen kieseligen oder thonigen Cement, welches die einzelnen Körner mit einander vereinigt; je mehr das Cement mit Thon gemengt ist, desto leichter verwittern die meist durch Eisen gefärbten Sandsteine, um wieder in Sand zu zerfallen.

Unter dem Namen Psammit unterscheidet man diejenigen meist feinkörnigen Sandsteine, welche durch beigemengten Glimmer eine mehr schieferige Structur erhalten. Der Name Arkose wurde dagegen besonders für grobkörnige Sandsteine angewendet, welche aus der Zerstörung und Zusammenbackung granitischer Massen hervorgegangen waren.

Mollassen nennt man die kieseligen Sandsteine, deren Mörtel aus kohlensaurem Kalk besteht. Mit dem Namen Macigno hat man häufig eine härtere Abart dieser Mollassen bezeichnet.

16. Thongesteine.

§. 77. Plastischer Thon. Walkererde. Lehm. Ocker. Der plastische Thon (Pfeifenerde, *terre glaise* ist ein inniges Gemenge von Kieselerde und Thonerde, das mit Wasser einen zähen Teig bildet, sich in alle Formen bringen lässt und im Feuer hart und unbrauchbar zu fernerem Anrühren mit Wasser wird. Die Farben des plastischen Thones sind ausserordentlich verschieden, je nach den verschiedenen Metallsalzen, die ihm bei-

gemengt sind; ebenso seine Güte, da er meist Beimischungen von Sand oder anderen körnigen Bestandtheilen enthält, die ihm zuweilen seine seifige Beschaffenheit ganz rauben.

Durch Beimischung von Magnesia wird der plastische Thon zur Walkererde (*terre a foulon*), die mit Wasser einen kurzen Teig bildet und fette Substanzen begierig einsaugt. Der gewöhnliche Lehm (*limon*) enthält meistens noch Kalk und Sand, wodurch er weniger fähig wird, mit Wasser einen zähen Teig zu bilden. Durch Beimischung von Eisenoxyd werden die verschiedenen Ockerarten gebildet.

Thonschiefer. Dachschiefer. Wetzschiefer. Grauwacke. Kohlenschiefer. Brandschiefer. Alaunschiefer. Zeichnenschiefer. Kupferschiefer. Kalkschiefer. Die Thonschiefer sind verhärtete Thone von meist grauer oder bläulicher Farbe und oft ausgezeichnet schieferiger Structur. Die feinen aufgeschwemmten Massen, welche als Flusstrübe in den Gewässern mitgeführt werden, entsprechen in ihrer Zusammensetzung den gewöhnlichen Thonschiefern, die aus dem Absatz dieser Trübe theilweise hervorgegangen scheinen. Alle diese Schiefer enthalten eine Menge von anderen Mineralien, Quarz, Glimmer, Feldspath, Talk, Chiastolith, Eisen, bald in höchst feingeriebenen Theilchen, bald in grösseren Kryställchen eingesprengt. §. 78.

Die Dachschiefer (*ardoises*) sind harte Thonschiefer mit ausserordentlicher Entwickelung der schieferigen Structur, so dass ihre Spaltbarkeit nur durch die Consistenz der Masse beschränkt ist.

Die Wetzschiefer (*coticule*) sind meistens dickschieferige Massen, denen ein bedeutenderer Kieselerdegehalt eine gewisse Rauhigkeit ertheilt.

Als Grauwacken bezeichnet man schieferige Gesteine von körniger Structur und überwiegendem Kieselgehalt, deren Körnung sich den Sandsteinen annähert. Meist hat die Grauwacke eine zellige Structur, die von der allmäligen Auflösung der darin abgelagerten kalkigen Fossilien herrührt.

Als besondere Abarten der Schiefer bezeichnet man noch: die Kohlenschiefer und Brandschiefer, in welchen die Durchdringung mit bituminösen und kohlenartigen Massen oft so bedeutend ist, dass sie, freilich mit Hinterlassung von bedeutenden Aschenmengen, brennen; die Alaunschiefer, welche Schwefel-

eisen und bituminöse Substanzen enthalten, die bei der Zersetzung Alaun erzeugen; die Zeichnenschiefer, weiche Thonschiefer von Kohle durchdrungen; die Kupferschiefer, sehr bituminöse schwarze Schiefer mit eingeschlossenen Kupfererzen; die Kalkschiefer (*calschiste*), aus verhärteten, schieferigen Mergeln gebildet; — alle diese verschiedenen Gesteine wechseln je nach Zusammensetzung und eingesprengten Mineralien ausserordentlich und gehen durch Entwickelung der krystallinischen Structur allmälig in die krystallinischen Schiefer über.

Specielle Geologie.

Allgemeines.

Schichten. Schichtungsklüfte. Man kann unter den §. 79.
Stücken, welche die Erdrinde zusammensetzen, der Form nach besonders folgende verschiedene Modificationen unterscheiden.

Als Schichten bezeichnet man grosse tafelförmige Stücke, die in ihrer Flächenausdehnung eine gleichförmige Zusammensetzung und so ziemlich dieselbe Dicke haben, so dass sie von parallelen Flächen eingeschlossen sind. Die Absonderungsflächen der einzelnen Schichten bezeichnet man mit dem Namen der Schichtungsklüfte, und muss sich wohl hüten, dieselben mit den oft vorkommenden schieferigen Blättertheilungen zu verwechseln, die entweder den Schichtungsklüften parallel gehen oder dieselben auch in verschiedenen Winkeln schneiden können. In neuerer Zeit hat man vorgeschlagen die obere Fläche einer jeden Schicht Epiclive, die untere dagegen Hypoclive zu nennen. Da jede unterliegende Schicht vor der unmittelbar darauf liegenden abgesetzt worden ~~sein muss~~, so zeigt auch natürlich die Hypoclive der aufliegenden Schicht das Relief der Epiclive der unterliegenden Schicht im Abguss.

Schieferung. Die Schieferung (*clivage*) selbst ist eine §. 80.
Erscheinung, welche offenbar erst nach dem Absatze der geschichteten Gesteine sich ausgebildet hat, nicht während des Absatzes, wie die Schichtungsklüfte. Sie ist vollkommen unabhängig von der Schichtung und durchkreuzt dieselbe in den mannigfaltigsten Richtungen, wird auch nicht selten nur in einzelnen Theilen und Schichten eines Massivs bemerkt, während sie in anderen Schichten fehlt. So ist in dem beifolgenden

Durchschnitte, Fig. 21, der Schieferthon *bb* schief auf die Schichtfläche geschiefert, während die zwischenliegenden Sandsteinschichten *aa* vollkommen unberührt sind. In gebogenen Schichtenmassen laufen häufig die Schieferungsspalten durchaus parallel unter sich über weite Strecken, so dass, wie in dem beigefügten Durchschnitte, Fig. 22, die Schieferungsspalten bald,

Fig. 21.

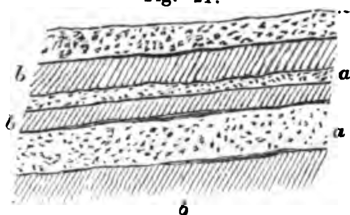
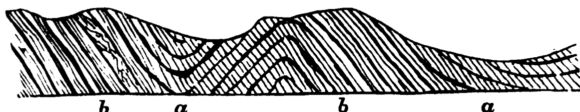
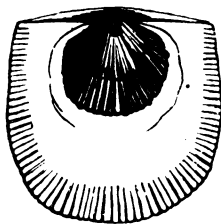


Fig. 22.



wie bei *a*, die Schichtflächen unter rechtem Winkel durchschneiden, bald, wie bei *b*, ihnen parallel laufen. Häufig scheint die Schieferung von dem Korne des Gesteins und dem mehr oder minder weichen Zustande der Massen abzuhängen, so dass zwischen Thonschiefern eingelagerte Quarzite z. B. nicht geschiefert erscheinen, oder auch die Schieferung in einzelnen auf einander liegenden Schichten verschieden erscheint.

Fig. 23.

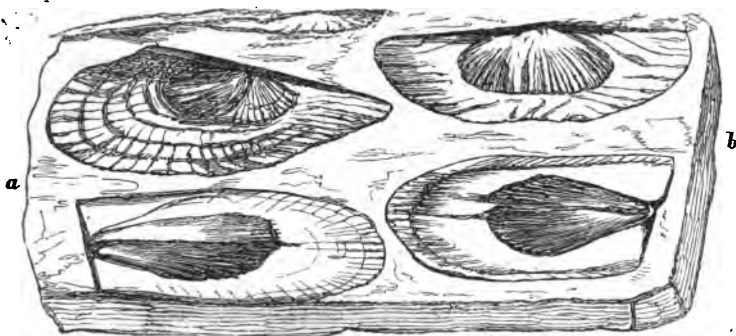


Strophomena expansa aus den silurischen Schiefern.

Dass die Schieferung grossentheils aus Seitendruck abgeleitet werden muss, scheint aus dem Umstande hervorzugehen, dass die in den geschieferten Gesteinen vorkommenden Versteinerungen meist in der Richtung der Schieferungsebenen zusammengedrückt und gleichsam verschoben erscheinen, wie die Fig. 23 abgebildete *Strophomena expansa*, welche auf Schieferplatten aus Wales die in Fig. 24 dargestellten Verschiebungen und Verzerrungen erlitten hat, wobei, wie man sieht, die Kraft in der Richtung von *a* nach *b* gewirkt hat, so dass die in verschiedener

Weise gelagerten Schalen auch in sehr verschiedener Weise verändert und verzogen worden sind.

Fig. 24.



Schieferplatte mit verdrückten und verzerrten Strophomenen.

Untersucht man diese Veränderungen genauer, so findet man, dass die Versteinerungen senkrecht auf die Schieferungsebene zusammengedrückt, dagegen nach der Richtung des Einfallens der Schieferungsebenen (*a b* in der obigen Figur) verlängert und ausgezogen sind, welches auch ihre Lage gewesen sei.

Sehr wohl zu unterscheiden von der Schieferung ist die Zerklüftung, die nicht nur in geschichteten, sondern auch in massigen Gesteinen auftritt und theils eine Folge der Aggregation der einzelnen Theilchen, theils der Abkühlung, theils endlich nachfolgender Erschütterungen und Hebungen sein kann. Man hat diese Klüftungsspalten, welche meist in den einzelnen Gebirgsmassen eine constante Richtung zeigen, Diacliven genannt.

Mächtigkeit der Schichten. Auskeilen derselben. Absetzen derselben. Schichtenköpfe. Die Mächtigkeit einer Schicht wird durch eine Linie bestimmt, welche senkrecht von einer Schichtfläche zur anderen geht. Sie ist nach Art und Weise der Bildung ausserordentlich verschieden, indem Schichten vorkommen, die bei gleichförmiger Structur eine Mächtigkeit von 100 Fuss erreichen, während andere den feinsten Schiefern an Dünne nahe kommen. §. 81.

Meist laufen die Schichtflächen parallel, so dass die Schicht eine überall gleiche Mächtigkeit besitzt, zuweilen aber verdünnt

sie sich nach der Grenze ihrer Flächenausdehnung hin, was man das Auskeilen nennt. In anderen Fällen kommt es vor, dass die Dicke der Schicht mehrfach abnimmt und anschwillt, je nachdem die Bedingungen ihrer Bildung mit grösserer Intensität an einzelnen Orten einwirkten. Man sagt von den Schichten, dass sie absetzen, wenn sie mit wenig veränderter Mächtigkeit plötzlich aufhören, indem sie entweder an andere Gesteine anstossen oder quer durchrissen sind. Die an solchen Bruchstellen hervorstehenden Rissflächen nennt man die Schichtenköpfe.

Fig. 25.



§. 82. **Ursprüngliche Bildung der Schichten. Beweise für ursprüngliche Horizontalität. Rollsteine. Lage der Versteinerungen.** Die meisten Schichten haben sich in ursprünglich horizontaler Lagerung gebildet; alle sind durch Absatz mechanischer oder chemischer Art aus dem Wasser entstanden und es lässt sich schon aus dieser Art der Bildung entnehmen, dass ihre Oberflächen mehr oder minder horizontal gewesen sein müssen. Nur bei solchen Schichten, welche sich in lebhaft strömendem und wenig tiefem Wasser aus gröberem Material gebildet haben, findet schon im Beginn ein verworrener Absatz statt, der öfters von der horizontalen Linie abweicht, während bei allen Meeresschichten, die weitaus die grössere Masse bilden, die ursprüngliche Horizontalität eine Bedingung ihrer Entstehung ist.

Die Beweise für diese ursprüngliche Horizontalität ergeben sich aus vielfachen Erscheinungen. Puddinge und Conglomerate, die

kopfgrosse Rollsteine enthalten, sind oft so stark geneigt, Fig. 26, dass die Zurückhaltung solcher Steine beim Absatze in

Fig. 26.

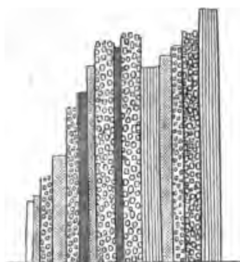
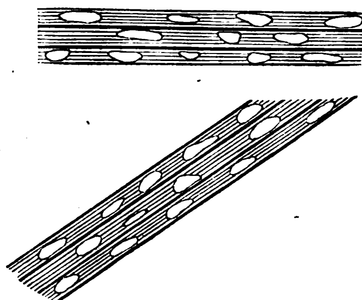


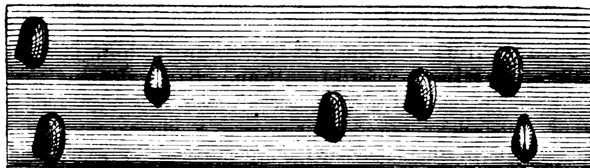
Fig. 27 u. 28.



schlammigen Massen auf so geneigten Flächen eine Unmöglichkeit wäre, und zudem liegen diese Steine stets so, dass ihre platte Seite der Schichtfläche entspricht, wie diese auch gehoben sein mag, Fig. 27 u. 28.

Die fossilen Körper, die man in den Schichten eingeschlossen findet, liefern ähnliche Beweise. Muscheln stecken so in den Schichten, wie sie während des Lebens in Schlamm und Sand sich einbohren; ihr Hintertheil ist nach oben gerichtet und ihre Längendimension steht senkrecht auf der Schichtfläche, Fig. 29.

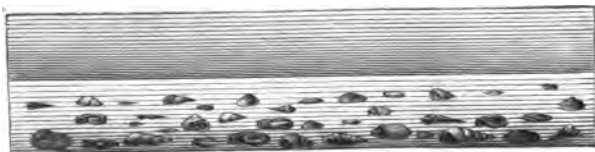
Fig. 29.



Stellung lebender Muscheln.

Schnecken und Kopffüsslerschalen, welche auf der Wasserfläche schwammen und nach dem Tode aufgelagert wurden, liegen so, dass ihre breite Seite der Schichtfläche zugekehrt ist.

Fig. 30.



Lagerung todter Muscheln auf dem Meeresgrunde.

Bäume und deren Wurzeln stehen in der Weise, wie sie gewachsen sind, so dass die Stämme senkrecht auf den Schichtflächen aufstehen.

Fig. 31.

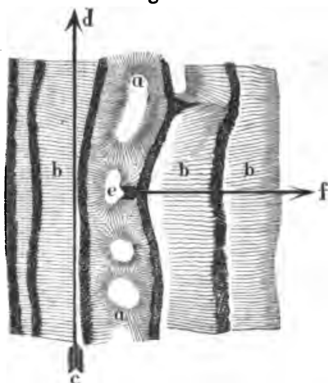


a Stehende Stämme. *b* Liegende Baumstämme. *c* Hörner von Thieren. *d* Der alte Boden. *e* Die Schichten, auf denen er ruht. *f* Neugebildete Schichten.

§. 83. **Abweichungen von der ursprünglichen Horizontalität. Bestimmung derselben. Streichen. Fallen.** Die Abweichungen der Schichten von der horizontalen Lagerung müssen demnach nothwendig späteren Einflüssen zugeschoben werden. Zur Bestimmung der Lagerung bedarf es zweier Linien, die der Geologe mittelst des Handcompasses und des daran angebrachten Bleilothes bestimmt. Das **Streichen** der Schicht wird in Graden nach der Abweichung von der Nordsüdlinie angegeben. Es bezeichnet die in der Schichtungsfläche gelegene

Horizontallinie; das Fallen der Schicht bezeichnet den Winkel, welchen die Schichtfläche mit dem Horizonte macht.

Fig. 32.

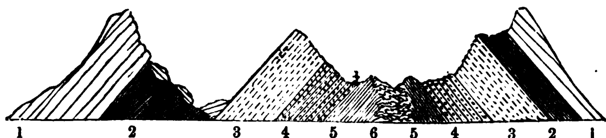


In dem beigegebenen Plane sei *aa* ein krystallinischer Kern, *b* die auf ihm aufruhenden Schichten, so würde die Linie *cd* die Streichungslinie, die Linie *ef* die Falllinie bezeichnen.

Abweichende Schichtungen. Antiklinale Schichtung. Synklinale Schichtung. Antiklinale und synklinale Linie. Discordante Schichtung. Unter dem Namen der abweichenden Schichtung begreift man alle diejenigen Fälle, wo zwei in Berührung befindliche Schichten nicht dieselbe Lagerungsebene besitzen. Unter den am häufigsten vorkommenden Fällen unterscheidet man namentlich folgende: §. 84.

1) Die antiklinale Lagerung. Zwei Schichtentheile fallen nach entgegengesetzten Richtungen von einander weg, so dass dachförmige, haubenförmige oder sattelförmige Gestalten gebildet werden, Fig. 33.

Fig. 33.



Querdurchschnitt des Thales von Bärschwyl im Solothurner Jura.

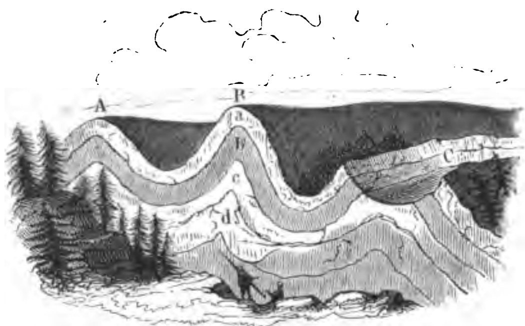
1 Portland- und Korallenkalk. 2 Oxfordmergel. 3 Unterer Oolith. 4 Lias. 5 Keuper. 6 Gyps. Die Schichten sind antiklinal auf den Gyps aufgelagert.

Meist rührt diese Lagerung davon her, dass eine hebende Kraft mitten auf die Schichten gewirkt und eine Wölbung hervorgebracht hat, wobei oft die Schichten bis auf eine gewisse Tiefe durchbrochen sind.

2) Die synklinale Lagerung. Die Schichten fallen gegen einen bestimmten Mittelpunkt ein und bilden bei schwächerer Neigung Mulden, bei stärkerer Fächer.

Gewöhnlich beziehen sich beide Lagerungen nicht auf einen bestimmten Mittelpunkt, sondern auf eine mehr oder minder lange Linie, welche man dann mit dem Namen der antiklinalen oder synklinalen Linie bezeichnet. Es bilden diese Linien begreiflicherweise in dem einen Falle meist Gebirgsrücken, in dem anderen Thäler; doch wechselt dies Verhältniss auch je nach dem Bruche, der bei solchen Schichtveränderungen oft eintritt. So zeigen sich in dem beigefügten Durchschnitte eines Theiles des schweizerischen Jura, Fig. 34, mehre Wellenbiegungen der Schichten *abcd*,

Fig. 34.

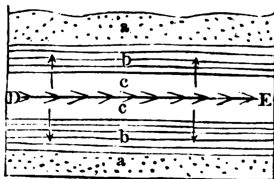


die durch einen Querriss aufgeschlossen sind. Bei *A* und *B* werden durch die antiklinalen Linien dieser Wellenbiegungen, welche

Fig. 35.



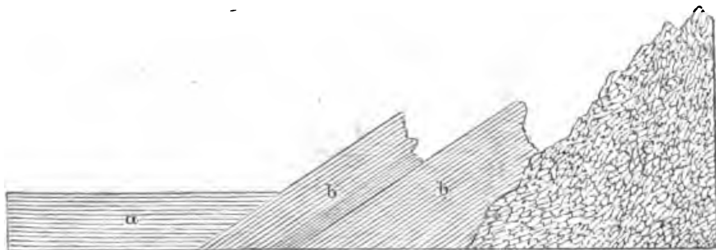
Fig. 36.



die Schichten nicht zerrissen haben, zwei lange Bergrücken gebildet; bei *C* aber sind die oberen Schichten gerissen und dadurch ein Aufreissungsthal entstanden, dessen Querschnitt durch Fig. 35, sein Grundplan dagegen durch Fig. 36 gegeben wird. Die antiklinale Linie wird hier in der Mitte des Thales durch die ungebrochene Schicht *c* in der Richtung *D E* gebildet, zu deren beiden Seiten die Schichten *b* und *a* mit ihren zerrissenen Schichtenköpfen zu Tage gehen.

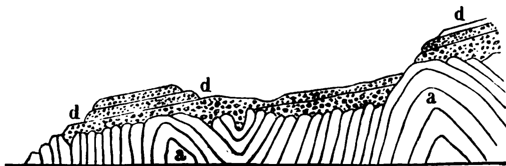
3) Discordante Lagerung. Zwei Schichtensysteme zeigen verschiedene Falllinien, woraus hervorgeht, dass die eine schon in ihrer Lagerung verändert worden sein musste, ehe die andere sich absetzte, Fig. 37.

Fig. 37.



Die Schichten *b*, welche auf dem ungeschichteten Kerne *c* auflagern, mussten nothwendig schon gehoben sein, als die in discordanter Lagerung befindlichen Schichten *a* sich absetzten. Die Schlüsse, welche sich aus solchen discordanten Lagerungen entnehmen lassen, liefern die sichersten Thatsachen zur Bestimmung der Epochen, in welchen die Schichtungsstörungen stattfanden. So ist es z. B. klar, dass in dem beigefügten Durchschnitte von Siccar Point die silurischen Schichten *a*, Fig. 38, gebogen und

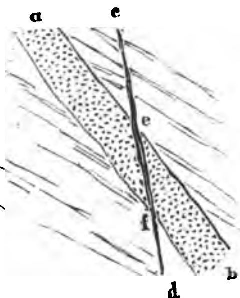
Fig. 38.



auf ihrer Oberfläche abgetragen sein mussten, bevor sich die in discordanter Schichtung darüber liegenden Sandsteine *d* des devonischen Systemes abgelagert hatten und dass diese wieder durch eine nachträgliche Ursache aus ihrer ursprünglich horizontalen Lagerung gebracht worden sind.

§. 85. **Gänge.** Gänge nennt man Spalten, welche durch fremdartige Gesteine ausgefüllt worden sind. Häufig strahlen dieselben durch Adern nach verschiedenen Richtungen aus und verlieren sich oft durch Spaltung und Verzweigung in sogenannte Ausläufer. Zuweilen kreuzen sich Gänge in verschiedenen Richtungen, Fig. 39. Die Ausfüllung dieser Gänge ist bald von oben her durch Sickerwasser, bald von unten her durch Injection feuerflüssiger Massen erfolgt. Die Bestimmung ihrer Lagerung geschieht ganz auf dieselbe Weise wie bei den Schichten, ist aber besonders aus dem Grunde wichtig, weil in diesen Gängen sich meistens die Erze finden, welche bei dem Bergbau ausgebeutet werden, so dass man dieser Bestimmung nach die unterirdische Fortsetzung der Gänge aufsuchen kann.

Fig. 39.

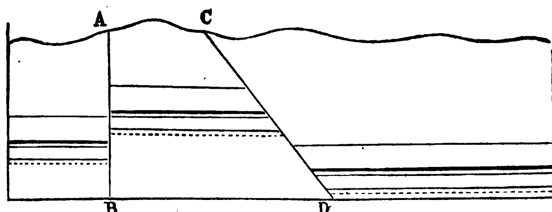


Schiefermasse von Wheal Alfred bei Gwineas. Der Porphyrgang *ab* ist nebst dem Schiefer von dem Zinnerzgange *cd* durchkreuzt, der zwischen *ef* besonders reich ist.

§. 86. Verwerfungen. Ausser den kleineren Spalten, die in fast allen Schichten durch das Eintrocknen der ursprünglich in weichem, mit Wasser gesättigtem Zustande der abgelagerten Masse entstehen, finden sich fast überall, wo die Schichten durch spätere Einwirkung von hebenden oder senkenden Kräften aus ihrer ursprünglich horizontalen Lage gebracht wurden, grössere Spalten, die oft bis auf bedeutende Tiefen ganze Schichtungssysteme durchsetzen, sich in bestimmten Richtungen, oft geradlinig, über meilenweite Erstreckungen fortsetzen und häufig auch von Niveauänderungen auf beiden Seiten begleitet sind. Spalten dieser Art nennt man Verwerfungen (*failles*). Zuweilen hat die Verwerfung nur in senkrechter Richtung gewirkt, so dass die

Schichten auf beiden Seiten dieselbe Neigung bewahrt haben, Fig. 40;

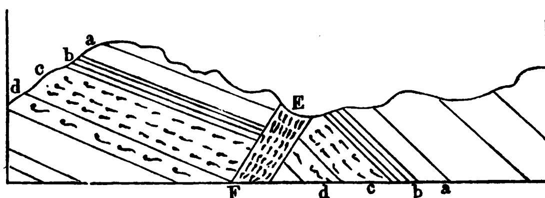
Fig. 40.



Die zwischen der senkrechten Verwerfung *AB* und der schiefen Verwerfung *CD* eingeschlossene Masse ist gehoben worden.

in anderen Fällen ist auch die Neigung auf beiden Seiten der Verwerfung verändert worden, Fig. 41; oft sind sogar die Verwer-

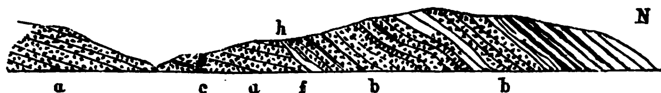
Fig. 41.



Die einander entsprechenden Schichten *abcd* sind auf der rechten Seite der Verwerfung *E* steiler aufgerichtet worden.

fungen so bedeutend, dass ganz verschiedene Schichtenformationen durch die Verwerfung mit einander in Berührung gebracht worden sind.

Fig. 42.



Durchschnitt bei Newgate Sands. Die Kohlenschichten *bb* sind durch die Verwerfung *fh* in Berührung mit den Schichten *aa* gebracht worden, welche der untersten silurischen Reihe angehören und an der Verwerfung absetzen. Ein bei *c* befindlicher Gang hat diese silurischen Schichten in ihrer Lagerung nicht gestört.

§. 87. **Unregelmässige Massen.** Gang der Betrachtung. Unregelmässige Massen endlich werden namentlich nur von solchen Gesteinen gebildet, die nicht aus dem Wasser abgesetzt wurden. Sie sind gewöhnlich nur durch Zersprengung der aufliegenden Schichten an das Tageslicht gekommen und haben öfters eine bedeutende Einwirkung auf diese Schichten geäussert, so dass von ihnen besondere Gänge und Verwerfungen ausgehen.

Aus dieser Aufzählung der verschiedenen Elemente, mit welchen die Geognosie sich zu beschäftigen hat, geht schon an und für sich die naturgemässe Eintheilung ihres Studiums hervor. Wir betrachten zuerst die geschichteten Gesteine nach der Reihenfolge ihrer Aufeinanderlagerung an den verschiedenen Stellen des Erdkörpers, mit besonderer Berücksichtigung Deutschlands und Europas; dann die ungeschichteten Felsarten, ihre Entstehung, ihr Erscheinen an der Oberfläche zu verschiedenen Epochen, und endlich die Wechselwirkung dieser beiden Elemente auf einander.

Die geschichteten Gesteine.

§. 88. Schichtengruppen. System. Formation. Terrain. Man hat die Schichten, welche die feste Erdrinde zusammensetzen, in verschiedene Gruppen zerlegt, die eine gewisse Gleichmässigkeit in ihren versteinerten Einschlüssen, in den Bedingungen ihrer Bildung und in ihrem ganzen Verhalten erkennen lassen. Man belegt jetzt meistens die grösseren Gruppen, welche man auf diese Weise unterschieden hat und die oft eine ganze Reihe der verschiedenartigsten Gebilde begreifen, mit dem Namen eines Systemes, wie z. B. devonisches System, permisches System u. s. w. Unter dem Ausdrucke Formation begreift man schon engere Grenzen, aber stets eine Reihenfolge von geschichteten oder ungeschichteten Gesteinen, welche derselben Epoche gemeinsamen Ursprunges angehören, viele gemeinschaftliche Charaktere bieten, so dass man sie auf den Karten und Plänen durch besondere Farben oder Zeichen unterscheiden kann. Den Ausdruck Terrain, welchen man früher als synonym mit Formation gebrauchte, beschränkt man jetzt wesentlich auf solche Gebilde, welche Gleichheit der Structur und Zusammensetzung darbieten, z. B. granitisches Terrain u. s. w.

I. Paläozoische Gebilde (*Groupe paléozoïque*). §. 89

1. Silurisches System (Untere Grauwacke, *Système silurien*, *Terrain ardoisier*, *Silurian system*, *Terrain de transition inférieur*).
2. Devonisches System (Jüngere Grauwacke, *Vieux grès rouge*, *Système dévonien*, *Terrain anthraxifère*, *Old-red sandstone*, *Devonian system*).
3. Steinkohlensystem (*Système houiller*, *Carboniferous group*, *Carboniférien*).
4. Permisches System (*Système permien*, *Système pénéen*, *Permian system*, Zechstein-Gruppe, *Magnesian limestone*. Todtliegendes).

1. Silurisches System.

Allgemeines. Die Schichtenreihen, welche dieses System zusammensetzen, wurden zuerst in England unterschieden, später aber fast in allen Ländern nachgewiesen, in welchen man eine Reihe von Gebilden schon seit längerer Zeit kannte, die man mit dem Namen Uebergangsgebilde bezeichnete, um hierdurch anzuzeigen, dass sie zwischen den geschichteten Gesteinen und den ungeschichteten gewissermaassen einen Uebergang bildeten. Im Allgemeinen bestehen die Schichten des silurischen Systemes aus schieferigen Massen, Thonschiefer, Kieselschiefer und Grauwacke mit Einlagerungen von krystallinischen Schiefern, Sandsteinen und Kalken aller Art. Sie enthalten eine höchst eigenthümliche Fauna, die den ersten Belebungszeiten der Erde angehört, und sind hauptsächlich in dem Norden Europas und Nordamerikas entwickelt. §. 90.

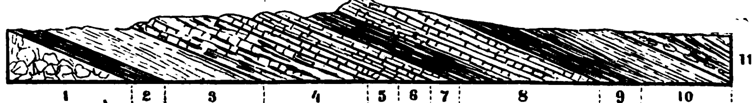
In Nordamerika. Untersilurisches System. Obersilurisches System. In Nordamerika ist das System am vollständigsten entwickelt, und man kann hier wie überall fast zwei besondere Gruppen, das untersilurische und obersilurische System, unterscheiden. §. 91.

Das untersilurische System beginnt an der Ausmündung des Lorenzstromes in Canada, streicht an dessen beiden Ufern zwischen Granit eingeklemmt nach Süden, umgiebt den Ontariosee fast in seiner ganzen Ausdehnung, und streicht dann längs des

Westrandes der Alleghanies, in Form eines langen Bandes, bis südlich nach Georgia und Alabama, wo es dann vom obersilurischen Systeme bedeckt wird. Nach Westen hin kennt man es in bedeutender Ausdehnung vom Missouri bis zum Michigansee längs des Wiskonsinflusses, und in der Mitte der Union in Gestalt zweier breiter Inseln, auf welchen Cincinnati und Nashville gebaut sind.

Das obersilurische System zeigt eine weit bedeutendere Erstreckung; an dem Ontariosee anfangend, folgt es nach Osten hin dem Laufe des Hudson, und läuft dann an dem Westrande der Alleghanies ebenfalls in Gestalt eines schmalen Bandes, mehre Ausläufer sendend und unmittelbar auf dem untersilurischen Systeme aufruhend, bis zur Südspitze des Gebirges fort, dessen Granitkern es hakenförmig umgiebt. Auf der anderen Seite des Apalachischen Kohlenfeldes beginnt es am Ontariosee, bildet das Land zwischen dem Erie-, Ontario-, Huronen- und Michigansee und setzt sich nun in breiter Ausdehnung von Nord nach Süd fort, um mit dem Lande, welches längs der Alleghanies hinzieht, sich im Süden zu vereinigen. Im Laufe dieser Erstreckung wird es von den erwähnten untersilurischen Erhebungen von Cincinnati und Nashville durchbrochen, von welchen seine Schichten mantelartig nach allen Seiten abfallen und in einer kurzen Erstreckung von dem devonischen Systeme überdeckt. Weiter nach Westen hin sind seine Grenzen noch nicht festgestellt, reichen aber bis in die Nähe des oberen Sees und über den Lauf des Mississippi hinaus. Das obersilurische System bildet wesentlich die Mulden, innerhalb welchen die ungeheuren Kohlenfelder Nordamerikas mit ihrem Kranze devonischer Schichten abgelagert sind.

Fig. 48.



Idealer Durchschnitt des untersilurischen Systemes in Nordamerika. 1 Granit und Gneiss. 2 Azoisches (Takonisches) System. 3 Potsdamsandstein. 4 Kieselkalk. 5 Chazy-Kalk. 6 Birds-eye-Kalk. 7 Black-river-Kalk. 8 Trentonkalk. 9 Uticaschiefer. 10 Hudsongruppe. 11 Obersilurisches System.

§. 92. Zusammensetzung. Azoische Schichten. Takonisches System. **Untersilurische Schichten.** Primordialschichten. Potsdamsandstein. Kalksandstein

Chazy-Kalk; Birds-eye-Kalk; Black-river-Kalk. Trentonkalk. Uticaschiefer. Hudsonschiefer. In Ober-Canada hat man namentlich längs des Süduſers des oberen Sees Quarzite, verglaste Sandsteine und Conglomerate, seidenglänzende Schiefer mit Zwischenlagerungen von Kalk gefunden, die keine Versteinerungen enthalten, und die man als azoische Gebilde oder takonisches System bezeichnete. Hierauf ruhen in Wisconsin, Jowa und Minnesota meist glimmerreiche Sandsteine, in welchen bis jetzt nur wenige, aber auch sehr ausgezeichnete Versteinerungen aus denjenigen Trilobitengattungen gefunden wurden, welche in allen übrigen Ländern die untersten Schichten der Primordialfauna bezeichnen, und wohin namentlich die Gattungen *Conocephalites* und *Paradoxides* gehören. Ueber diesen Primordialschichten folgen harte feinkörnige Sandsteine, die Potsdamsandsteine (3), die hauptsächlich durch eine kleine Entenmuschel (*Lingula prima*) charakterisirt sind. Ueber diesen Sandsteinen liegt der Kalksandstein (*Calciferous sandrock*) (4), unreine dolomitische Kalksteine, die viel Thon, Kiesel und Quarzdrusen und Schneckenschalen (*Maclurea*) enthalten. Hierauf folgen reine wohlgeschichtete blaue und graue Kalke, Chazy-Kalk (5), Birds-Eye-Kalk (6), Black-River-Kalk (7), die viele Meerespflanzen und die ersten Trilobiten der zweiten Fauna enthalten. Dann finden sich, namentlich um Cincinnati, Nashville, Kingston und Trenton entwickelt, ausserordentlich versteinerungsreiche schwarze dolomitische, oft bituminöse Kalke, die man als Trentonkalke (8) bezeichnet hat. Diese Kalke gehen in schwarze Schiefer, die nur wenige Graptolithen enthalten, die Uticaschiefer (9), und weiter nach oben in die mächtigen Schichten der Hudsongruppe über (10), die namentlich im Umkreise des Ontario und längs des Laufes des Hudson- und des Lorenzstromes entwickelt ist, aus abwechselnden Schichten von Grauwacke, hellgrünen Schiefern und eingelagerten Kalken besteht, und namentlich in ihren oberen Schichten sehr reich an Graptolithen ist.

Obersilurisches System. (Fig. 44 a. f. S.) Oneida-Sandstein. Medina-Sandstein. Clintongruppe. Niagaragruppe. Onondagagruppe. Pentamerenkalk. Das obersilurische System beginnt mit den grauen Sandsteinen und den Conglomeraten von Oneida, zwei versteinerungsleeren Trümmergesteinen, und setzt sich nach oben in rothe thonige Sandsteine, Medinasandsteine (1) fort, welche ziemlich viele Salzquellen enthalten. Hierauf folgt die Schichtengruppe von Clinton (2), rothe Sandsteine, grüne §. 93.



Fig. 44.

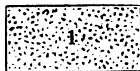
Durchschnitt des obersilurischen Systemes zwischen dem Ontario- und Eriesee. *aa* Niveau des Ontario. *bcdefgh* Niveaulinien des Niagara. *i* Niveau des Erie. *kl* Zukünftige Falllinie des Niagara. *m* Lewiston. 1 Medina- und Oneidasandsteine. 2 Clintongruppe. 3 Niagaraschiefer. 4 Niagarakalk. 5 Onondagasandstein. 6 Pentamerenkalk. 7 Süsswasser-Ablagerungen.

Schiefer mit zwischenlagernden Kalken, ziemlich reich an Versteinerungen, dann die Niagaragruppe unten aus verwitterbaren thonigen Schiefern (3), oben aus festen dichten Kalksteinen (4) gebildet, über welche der Niagara hinabstürzt, und durch reiche Entwickelung aller Arten von Versteinerungen, besonders auch von Korallen, ausgezeichnet. Auf dem Niagarakalke lagern Schieferthone und Mergel mit Bänken und Stöcken von Gyps und reichen Salzquellen, die Onondaga-Salzgruppe (5), auf welche ein Horizont von wohlgeschichteten, meist schieferigen Kalken folgt, die man zwar in verschiedene untergeordnete Bänke, wie hydraulischer Kalk (*Waterlime*), unterer Pentamerenkalk, Delthyrisschiefer und oberer Pentamerenkalk, zerlegt hat, die man aber füglich im Ganzen mit dem Namen des Pentamerenkalkes (6) bezeichnen kann, indem verschiedene Arten der Gattung *Pentamerus* für einzelne dieser Schichtengruppen charakteristisch sind.

§. 94. **In Russland.** Erstreckung. Zusammensetzung des untersilurischen Systemes. Ungulitensandstein. Schiefer. Pleta. Orthocerenkalk. Am Ural. Zusammensetzung des obersilurischen Systemes. Im Norden Europas bilden die silurischen Schichten ein weites, fast das ganze europäische Russland umfassende Becken, das aber so von späteren Ablagerungen ausgefüllt ist, dass die Beckenränder nur da hervortreten, wo sie unmittelbar auf den kry-

Fig. 45.

Karte des östlichen Europas.



Granit, Gneiss, vulcanische und zoische Gebilde.


Silurisches System.



Devonisches System.


Kohlensystem.


Permisches System.


Jura.


Kreide.



Tertiäre, diluviale und heutige Bildung.

a Christiania. *b* Stockholm. *c* Petersburg. *d* Nowgorod. *e* Moskau. *f* Archangel. *g* Königsberg. *h* Breslau. *i* Pesth. *k* Odessa. *l* Constantinopel. *m* Tiflis.

stallinischen Gebilden aufruhen, nämlich einerseits längs des südlichen Ufers des finnischen Meerbusens und des Ladogasees, andererseits längs des westlichen Abhanges des Urals. Am Ural sind die Schichten dieser Mulde meist steil aufgerichtet, am finnischen Meerbusen dagegen schiessen sie nur ganz flach gegen Osten hin ein. Auf dem russischen Festlande finden sich nur untersilurische Schichten, welche sich noch durch die Inseln Oeland und Dago bis nach Norwegen und an den Wenersee erstrecken, wo sie kleine inselartige Ablagerungen auf dem Granit- und Gneissplateau Scandinaviens bilden. Das obersilurische System ist nur auf den Inseln Gotland und Oesel, sowie auf der Höhe von Kinnekulle am Wenernsee entwickelt.

In Russland finden sich an der Basis des untersilurischen Systemes zähe blaue Thone, die zuweilen schieferig werden, Glimmer enthalten und keine Thierversteinerungen besitzen. Hierauf folgt ein unten weisslicher, oben gelblicher und eisenhaltiger Sandstein, der von seiner vorherrschenden Versteinerung der Obolus- oder Ungulitensandstein genannt wird, und dem Potsdamsandstein Nordamerikas entspricht. Auf diesem Sandsteine liegen bituminöse Schiefer, meist versteinerungslos, und dann graue, erdige, dünngeschichtete, in ihren unteren Lagern sandige und chloritische Kalksteine, der Pleta- oder Orthocerenkalk, der dem Trentonkalk Nordamerikas entspricht, und viele Versteinerungen enthält. Längs des Urals besteht das untersilurische System ebenso wie auf dem Festlande Schwedens und Norwegens aus Grauwacke, Kieselsandstein, schwarzen Alaun- und Thonschiefern mit übergelagerten Stückkalken, Schichten, die alle eine wesentliche Veränderung durch die Hebung erlitten zu haben scheinen.

Das obersilurische System der Inseln Dago und Oesel besteht aus dunkelgrauen Schiefern, die durch Anhäufung von Kalksteinknollen allmälig in concretionirte Kalke übergehen, über welchen grüne Schiefer oder glimmerige Sandsteine, und dann ein zweiter Horizont von Kalken folgt, welche besonders durch viele Korallen ausgezeichnet sind.

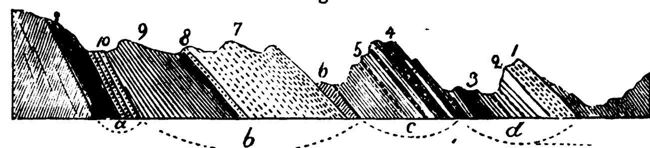
§. 95. **In Scandinavien.** Fukoidensandstein. Alaunschiefer. Orthocerenkalk. Graptolithenschiefer. In Scandinavien bilden die silurischen Ablagerungen, besonders im Süden Schwedens, am Wenernsee, breite terassenartig abgestufte Kuppen, welche meistens durch darübergeflossene Decken von Trapp gekrönt sind und fast so aussehen, als seien sie

Ueberbleibsel einer allgemeinen silurischen Bedeckung, die zum grossen Theile weggeführt wurde, und von welcher die zahlreichen Geschiebe und Findlingsblöcke im Norden Deutschlands die Trümmer darstellen. Auf dem Festlande sind besonders nur die untersilurischen Schichten entwickelt, und zwar zeigt sich der vollständigste Durchschnitt an dem bekannten Kinnekulle am Wenernsee. Hier finden sich unmittelbar auf dem Gneisse feinkörnige, feste, gelbliche Sandsteine mit Fukoiden, und darüber schwarze Alaunschiefer mit Kalknieren und dünnen eingesprengten Kalklagern, welche viele Trilobiten aus der Primordialfauna enthalten. Dann folgen graue, plattenförmige Kalksteine, schwarze Kalkschiefer mit Trilobiten, Orthoceren und Echinosphäriten, dem Trentonkalke Nordamerikas entsprechend, und zuletzt unter dem Trapp grünliche Thonschiefer mit Graptolithen, so dass der Berg ein vollkommenes Bild der untersilurischen Reihe Schwedens bildet. Die Insel Gotland ist, wie die Inseln Dago und Oesel, rein obersilurisch und besteht aus dunkelgrauen Knotenschiefern, Korallenkalken, dem Wenlockkalke Englands anlog, darüber aus grauen Schiefern und oolithischen Kalksteinen.

In Norwegen finden sich zwei silurische Becken, bei Christiania und am Mjösensee, deren ähnlich zusammengesetzte Schichten die beiden silurischen Systeme repräsentiren.

In England. In England kann man ebenfalls das unter- §. 96.
silurische und obersilurische System unterscheiden. Ersteres

Fig. 46.



Durchschnitt des silurischen Systemes in England.

1 Glimmersandstein. 2 Aymestrykalk. 3 Thonschiefer. 4 Wenlockkalk. 5 Schiefer. 6 Kalk. 7 Caradocsandstein. 8 Kalk. 9 Sandstein. 10 Thonschiefer.

zeigt sich namentlich im Westen von Wales, wo es in Gestalt eines Bogens sich um die krystallinischen Gebilde dieses Gebirgslandes herumschlingt. Es erstreckt sich von St. Davids über Cardigan, Radnor, Montgomery, Caernarvon bis zu dem

Meere und der Insel Anglesea, und zeigt sich dann weiter im Norden in Cumberland und Westmoreland. Das obere silurische System folgt ihm in dieser Ausdehnung in ebenso bedeutender Zone, und zeigt sich noch ausserdem in Cornwallis.

§. 97. Zusammensetzung des untersilurischen Systemes. Snowdonschiefer. Llandeilogruppe. Balakalk. Llandeiloschiefer. Caradocsandstein. Horderleykalk; Woolhopekalk. Die untersten Schichten des untersilurischen Systemes werden aus Sandsteinen, schwarzen Schiefern, Kieselschiefern und Dachschiefern gebildet, die man im Allgemeinen unter dem Namen Snowdonschiefer zusammenfassen kann, und die bei Harlech aus Sandsteinen, am Snowdon und den Malvernhügeln aus Schiefern zusammengesetzt sind. Diese krystallinischen und schieferigen Gebilde enthalten in ihren unteren Theilen keine Versteinerungen, wohl aber in ihren oberen Gruppen, wenn sie gleich hier selten sind, und zwar gehören diese Versteinerungen, ausser Lingula, besonders den Gattungen Olenus und Paradoxides an, die für die Primordialfauna charakteristisch sind. Die Schichtung ist hier, wie in den folgenden Lagern des Systemes, oft äusserst verworren, so dass es manchmal schwer hält, die eigentliche Verbreitung genauer anzugeben. Auf den Snowdonschiefern ruht die Llandeilogruppe; in ihren untersten Schichten aus unreinem Kalke, dem sogenannten Balakalke, weiterhin aus quarzigen Grauwackenschiefern, Sandschiefern, Thonschiefern, ächten Grauwacken und plattenförmigen Sandsteinen gebildet, die mit unreinen Kalksteinschichten abwechseln, ziemlich viele Versteinerungen enthalten und als Llandeiloschiefer bezeichnet werden.

Auf diesen Schichten liegen die Caradoc-Gesteine, quarzhaltige Sandsteine, meist von tief dunkelrother Farbe, mit vielen schmutzig gelben, thonigen und kieselhaltigen Adern, auf welchen andere kieselige hellgrüne Sandsteine liegen, in denen dunkelrothe Adern sich zeigen und die allmälig durch einen olivengrünen, plattenförmigen, abgesonderten Sandstein in dünne, sandige und thonige Schiefer übergehen, in welchen Nester von Sandstein eingebacken sind, die viele Fossile enthalten. Als besondere Einlagerungen hat man zwischen den unteren Sandsteinen (9) und den oberen Caradoc-Sandsteinen (7) den Horderleykalk (8) und den Woolhopekalk (6) als zu dieser Gruppe gehörig unterschieden, mit der man das untersilurische System abzuschliessen pflegt.

Obersilurisches System. Wenlockgruppe. Dudleykalk. Ludlowgruppe. Aymestrykalk. Das obersilurische System wird ebenfalls aus zwei Hauptschichtengruppen gebildet, der Wenlockgruppe an der Basis, welche aus thonigen grauen oder schwarzen Schiefern und schmutzigen, versteinerungsreichen Kalksteinen besteht, die anfangs Nester innerhalb der Schiefer bilden, dann aber die Oberhand gewinnen, die Schichten für sich allein zusammensetzen und in diesem Zustande als Wenlock- oder Dudleykalk (4) bezeichnet werden. Die obere oder Ludlowgruppe wird an ihrer Basis aus festen Thonschiefern gebildet (3), meist von grauer und schwarzer Farbe, auf welcher glimmerhaltige, graue, bald thonige, bald kalkige Sandsteine liegen (1), die von den Schiefern durch eine schmale Schichtenfolge fester, blauer Kalke, den Aymestrykalk (2), getrennt sind. §. 98.

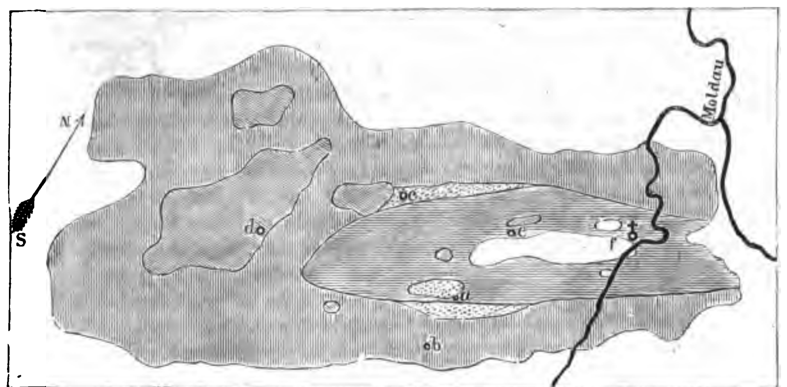
In Frankreich. In der Bretagne. Zusammensetzung. In Frankreich bildet das silurische System hauptsächlich die Halbinsel der Bretagne, und erscheint dort in mehreren Massen abgelagert, die sich an die granitischen Kerne anlegen, welche einestheils im Süden in der Vendée, anderntheils im Norden auf einer Zone von Brest über St. Malo nach Alençon entwickelt sind, und zu denen sich noch einzelne kleine Granitkerne, bei Barfleur und auf den normandischen Inseln hervorstehend, gesellen. Das silurische System bildet so gewissermaassen zwei Becken, welche indessen nicht vollständig von einander getrennt sind, sondern an einzelnen Stellen mit einander zusammenhängen. Auf dem nördlichen Becken liegen Cherbourg, St. Lô, auf den verbindenden Stellen zwischen beiden Mortain und Domfront. Das südliche Becken ist das bedeutendere und kann in mehre Theile geschieden werden. Der westliche Theil dieses Beckens wird etwa von Linien begrenzt, die man von Brest nach Morlaix, Callac, Carhaix, Gourm und Loc-Ronan ziehen kann. Der östliche Theil des Beckens ist der bedeutendere, und hängt durch einen schmalen Arm, bei Rostrenen, mit dem westlichen zusammen. Man kann die weite Oberfläche, die er bildet, etwa durch folgende Städte begrenzen, Rostrenen, Pontivy, Ploërmel, Gacilly, Nozay, Angers, Alençon, Mayenne, Fougères, Evran, Quintin. Auf der weiten, von diesen Linien umschriebenen Fläche, finden sich vielfache Ablagerungen des devonischen Systemes, und mancherlei Wechsel zwischen den verschiedenen Abtheilungen, die man im silurischen Systeme unterscheiden kann. Es bieten sich §. 99.

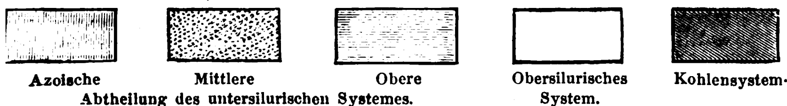
nämlich hauptsächlich drei Gruppen in den Schiefern dar. Die untersten dieser Schiefer sind Quarzcomglomerate, quarzige Sandsteine, grüne seidenglänzende Schiefer, die krystallinisch werden, und die namentlich bei Belle-Isle entwickelt sind. Darin finden sich vielfache Ablagerungen eines compacten hellgrauen Kalksteines, die namentlich bei Dinand als Marmor ausgebeutet werden, wie auch häufig bituminöse Kalksteine. Die Versteinerungen dieser untersilurischen Schichten entsprechen der höheren Gruppe dieses Systemes, während die zur Primordialfauna gehörigen Gattungen noch nicht in Frankreich gefunden worden sind. Auf dieser mehr quarzigen Grundlage, die gewöhnlich steil aufgerichtet ist, lagern dann die oberen Thonschiefer und Dachschiefer des obersilurischen Systemes, welches einen weit grösseren Flächenraum einnimmt als das untersilurische, und namentlich im nördlichen Becken bei Feugerolles und St. Sauveur viele Fossilien enthält, während die Hauptversteinerungsfundorte im untersilurischen Systeme sich in dem südlichen Becken bei Angers und Vitré finden. Auch im Süden bei Montpellier und in den Pyrenäen finden sich einzelne Flecken.

§. 100. **In Deutschland.** In Deutschland bilden die silurischen Formationen mehre isolirte Ablagerungen, die sich in einer breiten Zone durch Mitteldeutschland von West nach Ost erstrecken, und mehre genau begrenzte Gebiete darstellen, die theils durch Ueberlagerung jüngerer Formationen, theils durch Hervorbrechen krystallinischer Gesteine von einander getrennt sind. Meist sind diese Gebiete in ihrem Inneren von devonischen und Kohlengebilden überlagert, so dass nur am Rande die silurischen Schichten hervortreten. So kennt man sie bis jetzt in kleinen Flecken in Reuss, in der Gegend von Saalfeld, am Harze bei Ilsenburg, bei Dienten im Salzburgischen. Als Geschiebe und Findlingsblöcke, von Schweden stammend, finden sie sich besonders östlich von der Elbe, in Pommern, Brandenburg, Schlesien, einzeln auch westlich in Westphalen und Holland.

§. 101. **In Böhmen.** Zusammensetzung des böhmischen Beckens. Untersilurische Gruppe. Obersilurische Gruppe. Ein rein silurisches Becken ist dasjenige von Böhmen, welches etwa in der Richtung von Nordost nach Südwest eine Ellipse bildet, deren Längsaxe durch Pilsen, Beraun und Prag geht. Die Schichten dieses Beckens bilden im Ganzen eine Mulde, welche auf dem Granit und Gneiss des Böhmerwal-

Fig. 47.





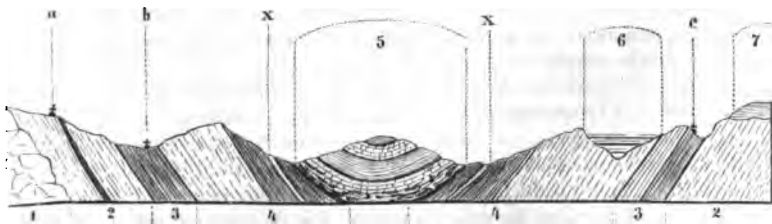
Azoische Mittlere Obere Abtheilung des untersilurischen Systemes. Obersilurisches System. Kohlensystem.

Karte des silurischen Beckens von Böhmen.

a Ginetz. *b* Pribram. *c* Skrey. *d* Pilsen. *e* Beraun. *f* Prag.

des aufruhen, und theilweise von Kohle und Kreide überlagert werden.

Fig. 48.



Durchschnitt des silurischen Systemes in Böhmen.

1 Granit. 2 Azoische, 3 Mittlere, 4 Obere Abtheilung des untersilurischen Systemes. 5 Obersilurisches System. 6 Kohlensystem. 7 Kreide. *a* Pribram b Ginetz. *c* Skrey. X Obersilurische Colonien.

Das untersilurische System zeigt drei verschiedene Stockwerke. Die unterste Abtheilung (2) besteht aus krystallinischen Schiefern (a,) Conglomeraten, Sandsteinen und Grauwacken mit gleichartig eingelagerten Bändern von Kieselschiefer (b) und Trapp, sämmtlich ohne Versteinerungen. Dieses azoische Stockwerk bildet die äusserste Zone des Beckens, und man kann unter den Städten, welche darauf liegen, besonders Dobrisch, Pribram, Pilsen, Stankau und Rakonitz nennen. Das zweite Stockwerk (3) besteht aus schieferigen Gesteinen, Thonschiefern und Dachschiefern von allen Farben (*d*), ist nur fleckenweise an dem inneren Rande der azoischen Abtheilung ausgebildet, und enthält eine sehr merkwürdige Fauna, vorzugsweise aus Trilobiten gebildet, die nur in diesem Stockwerke vorkommen und von allen übrigen so abweichen, dass Barrande sie als Primordialfauna bezeichnet. Ginetz und Skrey sind diejenigen Orte, welche durch ihre Versteinerungen besonders in dieser Abtheilung bekannt sind. Bei Skrey finden sich ausser den Schiefern auch Einlagerungen von Porphyren und Conglomeraten. Das dritte sehr mächtige Stockwerk, welches eine vollständige Ellipse bildet, auf welcher Prag, Königsal, Rokitzau und Beraun liegen (4), besteht aus vielfältigen Wechsellagerungen mannigfacher Gesteine, die unten hauptsächlich aus Conglomeraten, Sandsteinen, Quarziten und Grauwacken, in der oberen Hälfte dagegen aus Schiefern bestehen und wieder eine besondere Fauna enthalten, die in der Umgegend von Beraun, in Karlshütten bei Prag, vielfach ausgebeutet worden ist, sich durchaus von der Primordialfauna unterscheidet und als zweite Fauna bezeichnet worden ist.

Das obersilurische System nimmt nur einen geringen Raum in der Mitte des ganzen Beckens ein, der im Süden von Prag und Beraun sich erstreckt. Es besteht aus drei verschiedenen Stockwerken von Kalk, die ganz oben von Schiefern gekrönt sind, welche Einlagerungen von Trapp enthalten. Ebenso finden sich an der Basis der Mulde mächtige Lager schwarzer thoniger Schiefer mit Graptolithen, welche von Trapp durchdrungen sind, der gleiche Lagerungen zeigt. Zwei Flecken des obersilurischen Systemes finden sich noch zu beiden Seiten der Ellipse westlich von Prag und nördlich von Königsal in das untersilurische System eingelagert, so dass sie als Colonien in dem untersilurischen System erscheinen.

§. 102. Versteinerungen. Primordialfauna. Zweite Fauna. Dritte, obersilurische Fauna. Betrachtet man

das silurische System in Beziehung zu seinen Versteinerungen, so zeigt sich zwar überall die Grenze zwischen obersilurischem und untersilurischem Stockwerke deutlich — in letzterem aber noch eine weitere Theilung, so dass man im Ganzen drei scharfgeschiedene Faunen unterscheiden kann: die den ältesten Ablagerungen entsprechende Primordialfauna; die zweite, den oberen Lagen des untersilurischen Stockwerkes entsprechende Fauna, und endlich die dritte, dem ganzen obersilurischen Stockwerke entsprechende Fauna. Die Primordialfauna besteht, mit Ausnahme eines Pteropoden, *Pugiunculus*, und einiger Brachiopoden, fast nur aus Trilobiten mit äusserst entwickeltem Thorax und sehr kleinem Schwanzschilde. Die Gattungen selbst sind fast gänzlich auf diese ersten Schichten beschränkt.

Die zweite Fauna ist besonders charakterisirt durch den grossen Reichthum an Trilobiten, wovon viele mit sehr grossem Schwanzschilde, durch Orthoceren mit grossem seitlichem Sipho, durch eigenthümliche Formen der Stachelhäuter (*Cystideen*), durch die Graptolithen. Sie ist horizontal und vertical am weitesten verbreitet.

Die dritte, dem obersilurischen Stockwerke angehörige Fauna ist besonders ausgezeichnet durch die zahlreichen neuen Arten, durch das Auftreten einiger seltener Fischreste, durch die zahlreichen Korallen, Schnecken, Muscheln; durch die Häufigkeit der Armfüssler; durch neue Gattungen unter den Kopffüsslern (*Phragmoceras* u. s. w.). Sie ist ausserordentlich reich an Formen, zeigt aber nur sehr beschränkte locale Ablagerungen.

Charakteristische Versteinerungen. Als charakte- §. 103.
ristische Versteinerungen sind hervorzuheben:

Primordialfauna.

Orthis Romingeri. Lingula Davisii (Fig. 49). *Pugiunculus primus*. Die Trilobitengattungen *Paradoxides* (Fig. 50), *Conocephalites*, *Ellipsocephalus*, *Sao* (Fig. 51 u. 52), *Arionellus*, *Hydrocephalus*, *Agnostus*, *Olenus*. *Hymenocaris vermicauda* (Fig. 53).

Zweite Fauna.

Chaetetes lycoperdon, *petropolitanus*. *Tentaculites annulatus* (Fig. 54), *scalaris*. *Hemicosmites pyriformis* (Fig. 55). *Echinosphaerites aurantium*. *Echinoencrinus Senkenbergi*. *Graptolithus sagittarius*. *Lingula prima*, *antiqua* (Fig. 56), *attenuata*. *Obolus Apollinis* (Fig. 57). *Terebratula unguis*. *Orthisina Verneuili* (Fig. 58). *Orthis ascendens*. *Calligramma lata*, *obtusa*, *moneta*, *vespertilio*. *Spirifer lynx*. *Leptaena alternata*, *imbrex*, *Humboldti*, *lata*. *Or-*

thoceras duplex, vaginatum. Lituites convolvens. Ogygia Guettardi (Fig. 59). *Buchii. Calymene Tristani. Illaenus crassicauda, Pan-*

Fig. 50.

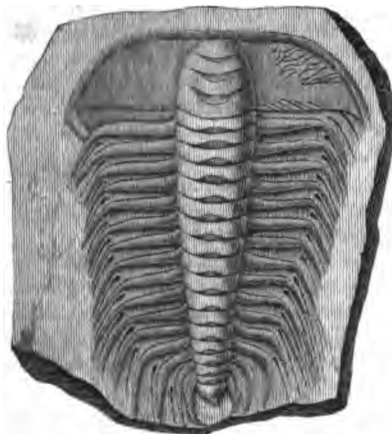


Fig. 51.



Fig. 49.

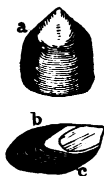


Fig. 53.

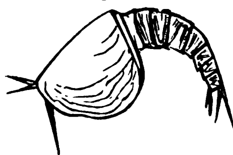


Fig. 54





Fig. 55.





Fig. 61.



deri. Trinucleus caractaci, Goldfussii, Pongerardi (Fig. 60). *Cheirurus claviger. Asaphus nobilis, Buchii* (Fig. 61). *Dalmania roc-*

Fig. 60.



Fig. 59.

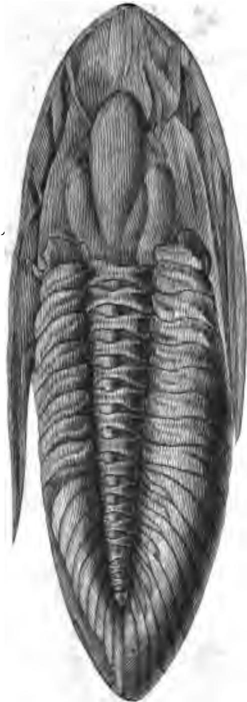


Fig. 52.



Fig. 57.

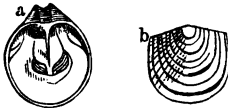


Fig. 62.

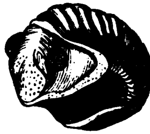


Fig. 58.



Fig. 56.





calis. Conularia parva. Nucula bohemica. Cardiola interrupta. Remopleurides radians. Phacops Downingiae (Fig. 62). *Maclurea Logani* (Fig. 63).

Obersilurisches System.

Graptolithus carriculatus, geminus, folium. Retiolites (Fig. 64). *Aulopora conglomerata. Catenipora escharoides* (Fig. 65). *Porites*

Fig. 63.

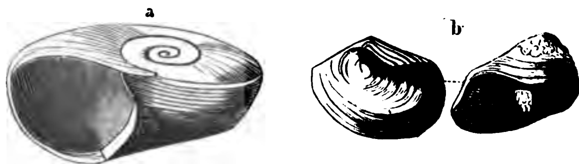
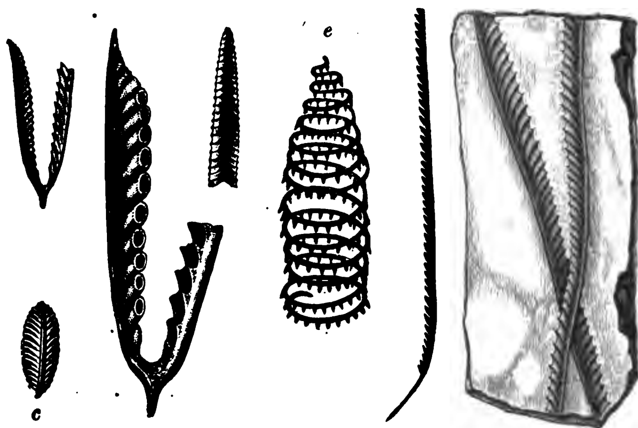


Fig. 64.



pyriformis. Lyathophyllum caespitosum. Calamopora gottlandica. Hypanthocrinus decorus (Fig. 66). *Fenestrella assimilis. Atrypa tumida. Terebratula aspera, concata, deflexa, Wilsoni, reticularis. Leptaena depressa. Lingula Lewisi* (Fig. 67). *Spirifer togatus, trapezoidalis, cyrtaena, sulcatus, crispus. Pentamerus Knighti et galeatus, Atrypa* (*Terebratula*) *nitida, navicula, deflexa. Hemithyris* (*Terebratula*) *Wilsoni* (Fig. 68), *Orthis elegantula, Orthis hybrida. Leptaena depressa* (*Strophomena rhomboidalis*),

Athyris navicula (Fig. 69). *Orthis orbicularis* (Fig. 70). *Terebratula reticularis* (Fig. 71). *Chonetes sarcinulata* (*Leptaena lata*) (Fig. 72). *Conularia Sowerbyi* (*quadrisulcata*). *Bellerophon biloba-*

Fig. 65.





Fig. 68.



Fig. 69.

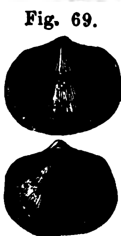


Fig. 71.

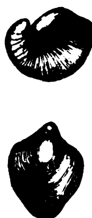


Fig. 70.

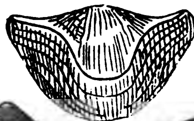






Fig. 67.



tus, *dilatatus* (Fig. 73). *Pleurotomaria* (*Murchisonia*) *Lloydii*. *Euomphalus rugosus* (Fig. 74). *Phragmoceras ventricosum* (Fig. 75). *Orthoceras Ludense* (Fig. 76) *ibex*. *Lituites* (*Hortalus*) *cornu arietis*,

Fig. 66.

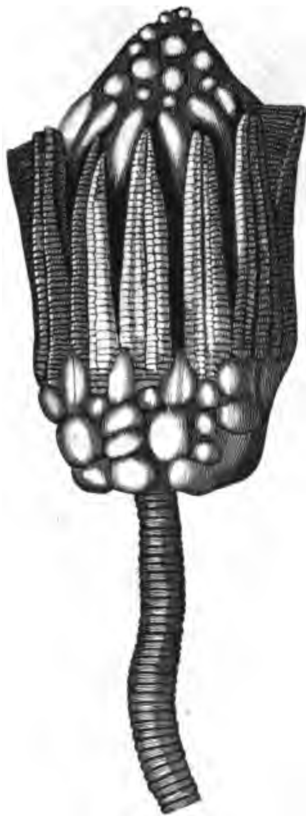


Fig. 72.

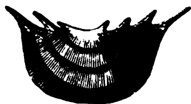


Fig. 76.



Fig. 73.



Fig. 77.



giganteus (Fig. 77). *Cyrtoceras corbulatum*. *Harpes ungula*. *Phacops ungula*, *breviceps*. *Lichas scaber*. *Bronteus planus*. *Onchus Murchisoni*. *Calymene Blumenbachii* (Fig. 78. 79. 80).

Fig. 75.





Fig. 78.

Fig. 79.





Fig. 74.



Fig. 80.



Vergleichende Tabelle des Silurischen Systemes.

Obersilurisches System.

Nord-Amerika.	Böhmen.	Scandinavien.	Russland.	England.
Oberer Pentameren-Kalk. *Pentamerus galeatus.*				
Delthyris - Schiefer. *Phacops Hausmanni; Asaphus nasutus; Phragmoceras ventricosum, Gebhardi; Leptaena depressa, punctulifera; Spirifer bilobus; Atrypa inflata; Orthis hybrida; Terebratula deflexa, reticularis.*	*H.* Obere Schiefer. *Phacops fecundus; Cheirurus Sternbergi; Proëtus superstes. Tentacutiles clavulus, elegans.*			Obere *Ludlow*-Schiefer. *Terebratula nucula, navicula, canalis, pentagona; Orbicula rugata; Chonetes lata, striatella; Orthoceras bullatum, Ibex; Avicula lineata; Trochus helicites; Bellerophon trilobatus.*
Unterer Pentameren-Kalk. *Pentamerus galeatus; Euomphalus profundus; Avicula monticula, naviformis; Leptocrinus Gebhardi; Phacops Hausmanni.*				*Lingula cornea; Orthis orbicularis; Athyris navicula; Onchus tenuistriatus.*

Hydraulischer Kalk. *Tentaculites ornatus; Terebratula sulcata; Cytherina alba; Eurypterus remipes; Phragmoceras ventricosum.* *Onondaga*-Salzgruppe.	*G.* Mittlerer Kalk. *Harpes Orbignyi; Calymene interjecta; Dalmania Hausmanni, rugosa; Phacops fecundus, Bronnii; Acidaspis Hoernesi; Cheirurus gibbus; Bronteus Brongniarti.* *Terebratula reticularis.* *Leptaena depressa.*			*Aymestry*-Kalk. *Calamopora gottlandica; Terebratula reticularis, Wilsoni.* *Pentamerus Knighti.* *Avicula reticulata.* *Lingula quadrata, Lewisi.*
Niagara-Gruppe. *Phacops limulurus; Bumastus Barriensis; Homalonotus delphinocephalus; Calymene Blumenbachii.* *Orthoceras annulatum.* *Spirifer Niagarensis, cyrtaena, sulcatus, bilobus, crispus; Orthis elegantula, hybrida; Leptaena depressa, transversalis; Caryocrinus ornatus; Hypanthocrinus decorus; Cyathocrinus pyriformis; Catenipora escharoides; Terebratula cuneata, marginalis, reticularis, aspera.*	*F.* Mittlerer Kalk. *Harpes venulosus; Lichas Haueri; Phacops fecundus; Proëtus bohemicus, orbitatus, neglectus; Bronteus palifer, campanifer, Dormitzeri, Brongniarti.* *Euomphalus tubiger, eximius; Tuba spinosa; Avicula mira.* *acidaspis vesiculosa, radiata, Hoernesi; Terebratula reticularis; Pentamerus galeatus; Spirifer togatus; Chonetes embryo.*			Untere *Ludlow*-Schiefer. *Cardiola interrupta; Orthoceras Ludense; Gomphoceras pyriforme; Phragmoceras ventricosum; Lituites giganteus; Calymene Blumenbachii; Homalonotus delphinocephalus; Graptolithes Ludensis.* *Wenlock*-Kalk. *Catenipora escharoides.* *Calamopora gottlandica. Terebratula reticularis, cuneata, marginata; Spirifer bilobus; Cyrtaena trapezoidalis; Leptaena depressa. Euomphalus rugosus; Calymene Blumenbachii; Phacops Stokesi; Asaphus caudatus. Ne-*
Clinton-Gruppe. *Calymene Blumenbachii, punctata; Sphaerexochus mi-*	*E.* Unterer Kalk und Graptolithenschiefer. *Arethusina. Sphaerexo-*	Korallenkalk und Knotenschiefer von Gothland u. Schonen.	Korallenkalk der Inseln Dagoe und Oesel.	

Obersilurisches System.

Nord-Amerika.	Böhmen.	Scandinavien.	Russland.	England.
rus; Agnostus latus; Terebratula reticularis, hemisphaerica; Pentamerus oblongus; Orthis lynx; Leptaena depressa, sericea. *Medina*-Sandstein. *Oneida*-Conglomerat. Grauer Sandstein.	*chus. Ampyx. Deiphon. Staurocephalus Acidaspis. Cheirurus. Bronteus planus; Proëtus decorus, intermedius, venustus; Phacops fecundus, Volborthi.* *Orthoceras dulce, annulatum, bohemicum, pelagicum; Cyrtoceras imperiale; Phragmoceras imbricatum.* *Terebratula reticularis; Leptaena depressa; Pentamerus Kneightii; Orthis elegantula; Catenipora escharoides.* Graptolithen.	*Deiphon. Sphaerexochus. Cyphaspis. Proëtus. Phacops. Bronteus. Homalonotus. acidaspis. Lichas. Cheirurus. Dalmania.* *Terebratula reticularis; Pentamerus galeatus; Orthis elegantula, hybrida, pecten; Orthoceras; Cyrtoceras; Phragmoceras.* *Catenipora escharoides. Calamopora gottlandica.*	*Catenipora escharoides. Calamopora gottlandica. Terebratula reticularis. Orthis orbicularis; Tentaculites annulatus. Calymene Blumenbachii.*	*rita haliotis; Encrinurus punctatus; Pseudocrinites bifasciatus*

Untersilurisches System.

Nord-Amerika.	Böhmen.	Scandinavien.	Russland.	England.
Hudson - Flussgruppe. *Graptolithen.* *Utica*-Schiefer. *Graptolithen. Triarthrus Beckii.*	*D.* Conglomerate, Quarzite, schwarze und glimmerreiche Schiefer. *Amphion. Homalonotus. Asaphus. Trinucleus. Aeglina. Dionide. Telephus. Remopleurides. Illaenus. Acidaspis. Calymene Tristani. Dalmania. Cheirurus. Ogygia. Ampyx.* *Orthoceren, Orthis, Graptolithen, Cystideen.*	Uebergangsthonschiefer in Westgothland, Schonen, Bornholm. *Graptolithen.*		*Caradoc*-Sandstein. *Illaenus. Trinucleus. Ampyx. Ogygia. Zethus. Dalmania. Homalonotus. Calymene. Pentamerus oblongus. Leptaena sericea.*
Trenton-Kalk. *Chaetetes lycoperdon;* viele *Orthis* und *Orthoceras; Endoceras; Spirifer lynx; Leptaena alternata; Illaenus crassicauda; Isotelus gigas; Ceraurus pleurexanthemus; Echinoencrinites anatiformis; Lichas laciniatus; Trinucleus Caractaci.* *Black-river*-Kalk. *Lituites maximus. Gonioceras. Endoceras. Stromatocerium rugosum.*		Orthoceren-Kalk und schwarze Kalkschiefer in Schweden und Norwegen fast überall. *Asaphus. Ogygia. Triarthrus. Dionide. Nileus. Aeglina. Amphion. Remopleurides Ogygia. Ampyx. Trinucleus. Illaenus. Agnostus. Homalonotus.* *Orthoceras duplex, vaginatum. Lituites convolvens.* *Echinosphaerites aurantium. balticus.*	Orthoceren-Kalk (*Pleta*) von Petersburg. *Nileus. Zethus. Amphion. Remopleurides. Ogygia. Ampyx. Illaenus. Asaphus. Agnostus. Dalmania. Lichas. Orthoceras duplex, vaginatum. Orthis obtusa, ascendens, inflexa, calligramma. Echinosphaerites aurantium.*	*Llandeilo*-Schiefer und *Bala*-Kalk. *Asaphus, Ogygia, Agnostus.* *Orthis tricenaria, vespertilio, grandis.* *Echinosphaerites balticus.*

Untersilurisches System.

Nord-Amerika.	Böhmen.	Scandinavien.	Russland.	England.
Chazy-Kalk. *Illaenus. Isotelus. Asaphus. Maclurea. Leptaena. Orthis.* *Calciferous sandrock.* Fukoiden. *Potsdam*-Sandstein. *Lingula prima, antiqua.*			Unguliten-Sandstein. (*Ungulites*) *Obolus Apollinis.*	

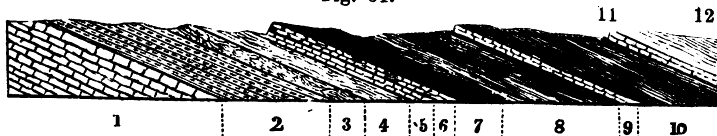
Primordial-Fauna.

Nord-Amerika.	Böhmen.	Scandinavien.	Russland.	England.
Sandstein von *Wisconsin, Jowa, Minnesota* und *Georgia.* *Conocephalites. Paradoxides. Lingula. Obolus. Pugiunculus.* Azoische Schiefer oder Takonisches System.	*C.* Schiefer von Ginetz und Skrey. *Paradoxides. Conocephalites. Ellipsocephalus. Sao. Arionellus. Hydrocephalus. Agnostus. Pugiunculus primus. Orthis Romingeri.* *B.* Kieselschiefer von *Przibram.* *A.* Krystallinische Schiefer.	Alaunschiefer von Andrarum und Bornholm. *Paradoxides. Conocephalites. Agnostus. Olenus.* Sandsteine mit Fukoiden.	Blauer Thon ohne Versteinerungen.	*Lingula*-Schiefer der *Malvern*-Hügel und des *Snowdon* in Wales. *Olenus. Paradoxides. Lingula Dawisii. Hymenocaris vermicauda.* *Harlech*-Sandsteine.

2. Devonisches System.

In Nordamerika. Erstreckung. Schon oben wurde bemerkt, dass dieses System in Nordamerika überall in gleichmässiger Lagerung auf dem obersilurischen Systeme auflagert und dass es die engeren Mulden der Becken bildet, in welchen die ungeheuern Kohlenlager Nordamerikas sich abgesetzt haben. Man kann hiernach drei in sich geschlossene Zonen devonischer Gebilde in Nordamerika unterscheiden. Die grösste dieser Zonen umschliesst das Apalachische Kohlenfeld am westlichen Abhange der Alleghanies. Sie beginnt schmal als bogenförmiger Kranz um die untersilurische Insel von Nashville, zieht sich dann in Form eines schmalen Bandes fast direct nach Norden über Columbus bis an das Ufer des Eriesees bei Cleveland, bildet ein breites Gebiet südlich von dem Hudson im Staate Newyork und steigt dann längs des westlichen Abhanges der Alleghanies herab, um an der Südspitze derselben zu enden. Die zweite Zone umgiebt als schmales Band die südliche Hälfte des Kohlenbeckens von Illinois; die dritte Zone, bei weitem breiter, umschlingt das kleinere Kohlenbecken von Michigan und bildet hauptsächlich den Boden der Halbinsel zwischen dem Huron- und Michigansee. In den westlichen Erstreckungen, namentlich in dem Staate Newyork, werden die devonischen Ablagerungen hauptsächlich von Sandsteinen gebildet, während nach Westen hin mehr kalkige Schichten sich finden. §. 105.

Fig. 81.



Idealer Durchschnitt des devonischen Systemes in Nordamerika.

1. Obersilurisches System. 2. Oriskany-Sandstein. 3. Hahnenschwanzsandstein. 4. Shoharrie-Sandstein. 5. Onondagakalk. 6. Hornsteinkalk. 7. Marcellusschiefer. 8. Hamiltonschiefer. 9. Tullykalk. 10. Portagegruppe. 11. Chemungkalk. 12. Alter rother Sandstein.

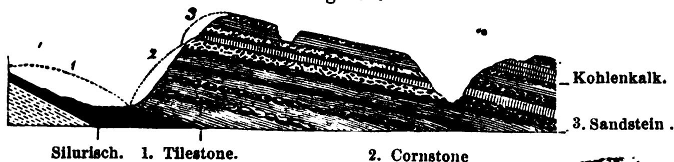
§. 106. **Zusammensetzung. Oriskany - Sandstein. Hahnenschwanzsandstein. Shoharrie - Sandstein. Onondagakalk. Hornkalk. Marcellusschiefer. Hamiltonschiefer. Genesseeschiefer. Tullykalk. Portage - Gruppe. Chemung-Gruppe. Rother Sandstein. Felsenkalk.** Die Schichtenfolge ist besonders im Staate Newyork folgende: Der Oriskany-Sandstein (2), der unmittelbar auf dem oberen Pentamerenkalk des obersilurischen Systemes aufruht, besteht aus quarzigem Sandstein und aus Grauwacke mit vielen Versteinerungen, worunter besonders Spiriferen. Ihn überlagern braune feinkörnige Grauwacken, theilweise mit kalkigem Bindemittel, durch dessen Auswaschung die Grauwacke äusserst porös wird; man hat in ihnen zwei untergeordnete Lager unterschieden, den Hahnenschwanzsandstein (3) und den Shoharrie - Sandstein (4), ersterer durch Pflanzenabdrücke, letzterer durch Fischversteinerungen ausgezeichnet. Ueber diesen Grauwacken liegt ein krystallinischer oft kieseliger Kalk mit vielen Korallen, der Onondagakalk (5), dessen kieselige Concretionen in dem Hornkalk (6) bedeutend zunehmen, während zugleich die Versteinerungen mehr aus Trilobiten, Kopffüsslern und Muscheln gebildet sind. Hierauf folgt eine mächtige Schieferzone in zwei Abtheilungen, unten die schwarzen bituminösen Marcellusschiefer (7) mit Kalkknollen und vielen Versteinerungen, darüber die olivengrünen sandigen Hamiltonschiefer (8) und dann die schwarzen Genesseeschiefer, welche durch eine schmale Einlagerung von Kalk, den Tullykalk (9), von den Hamiltonschiefern getrennt sind. Hierauf folgt wieder eine Sandsteinzone, zusammengesetzt aus der Portagegruppe (10), feinkörnigen Sandsteinen und glimmerhaltigen Schieferthonen, oder Chemunggruppe (11), Grauwacke, thonigem Sandstein, Schieferthonen und aufgelagerten Kalken; endlich feinkörnige rothe Sandsteine (12) mit thonigem Bindemittel, die besonders in den Catskillbergen im Staate Newyork ausgebildet sind. In den devonischen Streifen um das Becken von Illinois sind alle unteren Schichten bis zu den schwarzen Genesseeschiefern durch mächtige Kalklager, den Felsenkalk (*cliff lime-stone*), ersetzt.

§. 107. **In Russland. Erstreckung. Zusammensetzung.** In Russland (s. d. Karte S. 85, Fig. 45) zeigt sich das devonische System in Form eines breiten Bandes, welches von Archangel aus in nordwestlicher Richtung bis in die baltischen Provinzen längs des Ladoga- und Onegasees sich erstreckt, bei Dorpat und Riga umbiegt und nun in südöstlicher Richtung bis gegen Wo-

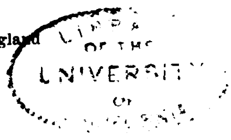
ronesh hin sich verfolgen lässt, so dass ein winkeliger Bogen gebildet wird, dessen offener Schenkel nach dem Ural, die Spitze nach der Ostsee schaut. Ein zweites Gebiet devonischer Gebilde findet sich in Gestalt eines schmalen Bandes längs des westlichen Abhanges des Urals, ein drittes in Form einer Erhebungslinie, die von Südwest nach Nordost streicht, hoch oben im Norden, wodurch das Petschoraland von dem inneren russischen Becken abgetrennt wird. Alle Gesteine des devonischen Systemes zeichnen sich hier wesentlich durch ihre rothe Farbe aus. An der Basis liegen roth- und grüngefärbte Mergel mit Kieselconcretionen, die in sandige Kalksteine übergehen, welche stellenweise sehr mächtig werden und an vielen Orten dolomitisch sind; die obersten Schichten werden von thonigen Sandsteinen und rothen Mergelthonen gebildet, die an Fischversteinerungen sehr reich sind.

In England. Erstreckung. Zusammensetzung. Tilestone. Cornstone. In Schottland. In England ist das devonische System hauptsächlich aus Sandsteinen gebildet, die im Umkreise des Kohlenbeckens von Wales an der Oberfläche erscheinen. Die Südspitze von Cornwallis und Devonshire, das Nordende von Devonshire und in Wales die Bezirke von Caermarthen, Clamorgan, Montgomery, sowie die Insel Anglesy werden hauptsächlich von dem devonischen Systeme gebildet. In Schottland ist es nicht minder entwickelt. Es bildet die ganze östliche Hälfte von Hochschottland im Norden des caledonischen Canals, die Orcaden und die Shetlandsinseln und zeigt sich auch, aber in geringerer Ausdehnung, im Süden der Grampiansgebirge. Ganz Caithness, die Umgebung von Cromarty und dem Murray-Firth wurden von den Gesteinen des devonischen Systemes gebildet, die von West nach Ost einfallen und unmittelbar auf den primitiven und metamorphischen Gesteinen des westlichen Schottlands, den Graniten, Gneissen und Glimmerschiefern aufruhen. Im südlichen Wales hat man folgende Schichtengruppen unterschieden. §. 108.

Fig. 82.



Durchschnitt des devonischen Systemes in England.



Unmittelbar auf dem silurischen Systeme auflagernd finden sich harte, feinkörnige, schieferige Sandsteine, der sogenannte Ziegelstein (*tile-stone*), dann bunte Mergel mit thonigen Sandsteinen und eigenthümlichen linsenförmigen Concretionen, der Kornstein (*cornstone*), endlich zu oberst quarzige Sandsteine, Conglomerate, Puddinge und bunte Mergel, alle von wesentlich rother oder brauner Farbe. Auch in Schottland überwiegen diese dunkelrothen Sandsteine, die viele Fischversteinerungen enthalten.

§. 109. **Auf dem Continent. In der Bretagne.** Auf dem Continente können wir die devonischen Gebilde von der Bretagne an bis in den äussersten Osten Deutschlands verfolgen. In der Bretagne sind sie nur in dem südlichen Becken entwickelt und zwar hauptsächlich an dem Südrande desselben, wo ein breites Band aus der Gegend von Douai bis nach Rochefort, Challon und St. Florent an dem südlichen Ufer der Loire sich fortsetzt. Auf dem nördlichen Loireufer zeigen sich die devonischen Gebilde in Form eines Dreiecks, dessen Basis zwischen Anceny und der Einmündung der Mayenne sich erstreckt, während die Spitze südwestlich von Riaillié sich findet. Ausserdem finden sich devonische Einlagerungen, die in derselben Richtung von Südost nach Nordwest streichen, zwischen Sablé und Lavalle und im Süden von Rennes in mehren einzelnen Streifen. Meist sind es Puddinge, Sandsteine, Grauwacken und Thonschiefer mit eingelagerten unreinen Kalksteinen und dunklen Marmorn, welche diese Lager zusammensetzen. An einigen Orten ist es noch unentschieden, ob diese Kalklager zu dem devonischen oder nicht, wie die Kalke bei Sablé, zu dem Kohlensysteme gehören.

§. 110. **Im Bas-Boulonnais.** Verfolgt man die devonischen Gebilde nach Osten, so findet man zuerst ein kleines Inselchen bei Fergues im Norden von Boulogne, wo sich ausserordentlich viel Versteinerungen finden. Es ist dies Inselchen gewissermaassen die letzte vorgeschobene Spitze des gewaltigen, aus dem Belgischen herüberstreichenden devonischen Zuges an dem Südrande der Ardennen, dessen Zusammenhang mit diesem Zuge durch Ueberdeckungen von Kreide- und Tertiärgebilden unsichtbar gemacht ist.

§. 111. **Am Rheine.** Die Ardennen selbst bilden nur einen Theil der grossen devonischen Ablagerung, welche zu beiden Seiten des Rheines, nördlich von Mainz, sich erstreckt und deren Grenzen auf der rechten Rheinseite man etwa als zwischen Main

und Ruhr bezeichnen kann. Die Bergzüge des Taunus, des Hundsrück, der Ardennen, des hohen Venn, der Eifel und der hohen Lenne gehören diesem weiten Gebiete an, in dessen Innerem sich vielfache Einlagerungen jüngerer Schichten, so wie ältere und neuere Durchbrüche verschiedener Art, namentlich von Grünsteinen und Basalten, sich zeigen.

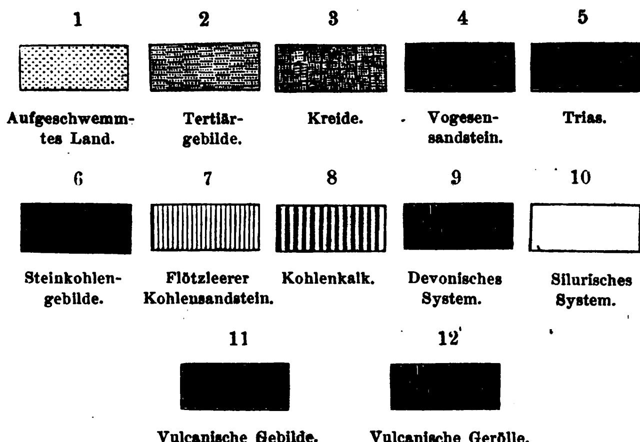
Die Erstreckung dieses weiten devonischen Gebietes lässt sich besonders deshalb genauer bestimmen, weil überall an den Rändern jüngere Schichten, theils dem unmittelbar nachfolgenden Kohlensysteme, theils neueren Ablagerungen angehörig, sich über die devonischen Schichten herlagern und nur selten bedeutendere Verwerfungen vorkommen. Auf der rechten Rheinseite verfolgt man den nördlichen Rand des devonischen Gebietes längs der Ruhr in einem über Elberfeld, Barmen, Iserlohn, Calve, Allendorf, Meschede bis Marsberg gehenden Zuge, wo überall die devonischen Schichten unter das Kohlengebirge einschiessen. Nach Osten hin bei Stockberg, Korbach, Fürstenberg, Waldeck, Battenberg, Wetter bis gegen Giessen und Butzbach hin werden diese Gebilde von dem Zechsteine oder dem bunten Sandsteine und im Süden in einer Linie, die von Giessen über Homburg, Soden, Kronenberg und Wiesbaden nach Bingen gezogen werden kann, von Tertiärgebilden überlagert. Von Bingen aus verfolgt man über Nonnweiler bis gegen Merzig hin eine fast gerade Linie, innerhalb welcher das pfälzische Kohlengebirge sich auf den südlichen Abhang des Hundsrück auflagert. Saarburg, Trier, Witlich, Stadtkyll, Prüm, Diekirch bezeichnen etwa die Grenzen eines buchtartigen Vorsprunges von buntem Sandstein, der in das devonische Gebiet hineingreift und den Hundsrück von den Ardennen trennt. Dieser Bucht entspricht eine von Süd nach Nord gerichtete Depression, deren Längsaxe durch eine Linie von Killesheim nach Zülpich bezeichnet wird und in welcher theils bunter Sandstein, wie bei Killesheim und Gemünd, theils jüngere sogenannte Eifeler Kalke abgelagert sind. Von Diekirch aus erstreckt sich die Südgrenze westlich längs einer von Arlon nach Mésière und Hirson gezogenen Linie, wo sie anfangs von triasischen, dann von den jurassischen Gebilden überlagert wird. Der nördliche Abhang in einer über Chimaix, Couvin, Givet, Laroche, Charleroi, Namur, Lüttich, Eupen und Stollberg laufenden Grenze wird von den Kohlengebilden Belgiens überlagert. Einen ähnlichen inselartigen Vorsprung in diesem Gebiete, wie der erwähnte des bunten Sandsteines machen die Anschwemmungen des Rheines und die Tertiärgebilde, deren

Grenzen sich von der Ruhr aus von Norden her über Ratingen, Paffrath bis zum Siebengebirge, Ahrweiler und Düren ziehen lassen.

Fig. 83.



Karte des rheinischen Uebergangsgebirges.



Diese nördliche Unterbrechung in der Richtung des Rheines abgerechnet, kann man also wohl sagen, dass die devonischen Gebilde von Chimay in Belgien bis Stadtberge in Westphalen sich in fast gerader Linie fortsetzen und dass längs dieses ganzen Nordrandes sie unter die Kohlengebilde einschiessen, welche, wie wir später sehen werden, noch weiter in derselben Richtung nach beiden Seiten hin sich erstrecken.

Schichtenfolge. Versteinerungslose Schiefer. Spiriferensandstein. Als unterste Schichten kann man in dem ganzen Gebiete, namentlich aber in den Höhenzügen der Ardennen, des hohen Venn, des Hundsrück und des Taunus, durchaus versteinerungslose Ablagerungen unterscheiden, die aus Dachschiefern, halb krystallinisch-seidenglänzenden Thonschiefern, Quarzschiefern und dicken Bänken von Quarziten bestehen und auch von verschiedenen Geologen als Taunus- oder Ardennen-Schiefer bezeichnet werden. Ob diese sehr mächtigen und vielfach verworfenen Schiefer in der That dem devonischen und nicht dem silurischen Systeme angehören, lässt sich bei dem gänzlichen Mangel an Versteinerungen nicht entscheiden — jedenfalls aber lagern sie unter den Versteinerungen führenden Schichten. §. 112.

Diese bestehen in ihrer unteren Abtheilung auf beiden Seiten des Rheines und zwar namentlich bei Giessen, Coblenz, Prüm, Couvin, Chimay vornehmlich aus braunen, bald mehr sandigen,

bald mehr thonigen Grauwacken, die mit schwarzen Dachschiefern, quarzigen Sandsteinen und Conglomeraten von brauner und gelblicher Farbe wechsellagern, viele Erzgänge (Nickel, Zink, Bleiglanz, Braunspath u. s. w.) enthalten und als besonders charakteristische Versteinerungen Spiriferen enthalten, weshalb man sie auch als Spiriferensandsteine oder, mit einem geographischen Namen, als Coblenzer Grauwacke bezeichnet hat. Diese untere Grauwacken-Abtheilung ist durchaus gleichförmig im ganzen Rheingebiete und zeigt sich sogar in derselben Weise am Harze und an anderen Orten, wie ihr denn auch die untere Sandsteingruppe in Nordamerika entspricht.

§. 113. **Mittlere Abtheilung. In Nassau. Schiefer von Wissenbach. Kalke. Schalstein. Stringocephalenkalk. Obere Abtheilung. Cypridinenschiefer.** Weit mannigfaltiger ist die mittlere Abtheilung ausgebildet. In Nassau gehen die Spiriferensandsteine an einigen Orten, wie namentlich bei Wissenbach und Balduinstein in schwarze Schiefer über, welche durch ihre häufigen Goniatiten den Marcellusschiefern Nordamerikas zu entsprechen scheinen. Sonst ist die mittlere Gruppe des devonischen Systemes in Nassau vorzüglich kalkig, bald mehr dolomitisch, bald mehr mergelig, und häufig sind diese Kalke, welche oft sehr eisenreich sind, durch Verschmelzung mit Grünstein zu Schalsteinen umgebildet, die einen ausserordentlich wechselnden Charakter zeigen. Glimmerreiche Grauwacken und Sandsteine finden sich unter diesen Kalken und Mergeln eingemengt. Häufige Durchbrüche von Diabas, Porphyr, Hyperit und ähnlichen massiven und krystallinischen Gesteinen, welche zur Entstehung des Schalsteines Veranlassung gaben, finden sich überall in diesen wie in den höheren Schichten vor. Nach allen bis jetzt bekannten Thatsachen scheint der Schalstein, der die nassauischen Ablagerungen besonders auszeichnet, aus einer bald mehr bald weniger innigen Mischung von zersetztem Diabas mit Kalkschlamm entstanden zu sein, die unter Wasser vor sich ging. Entfernter von den Diabasdurchbrüchen ist nur einfacher, homogener oder kleinkörnig krystallinischer Kalk oder Kalkmergel abgelagert worden, welcher von der herrschenden Versteinerung den Namen des Stringocephalen-Kalkes erhalten hat.

Als letztes Glied endlich finden sich eigenthümliche flaserige Kalke, krummschalige Schiefer mit Kalknieren, Thon und Kalkschiefer mit eingelagerten bituminösen Schichten und Anthracitlagern, nach der vorherrschenden Versteinerung Cypridinenschiefer

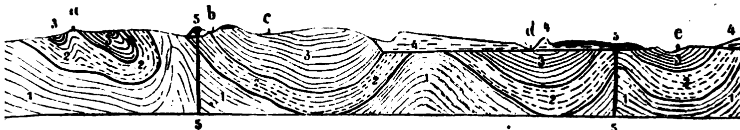
genannt. Bald ist, wie bei Dillenburg und Weilburg, mehr das schieferige, bald, wie bei Giessen, das kalkige Element mehr entwickelt.

In Westphalen. Mittlere Abtheilung. Calceola-Schiefer. Kalk von Paffrath. Obere Abtheilung. Schiefer von Nehden. Nierenkalk. In Westphalen zeigen sich über der unteren, den Boden der ganzen Gegend bildenden Abtheilung des Spiriferensandsteins theils einzelne mit jüngeren Schichten ausgefüllte Mulden, theils an dem Nordrande ein längeres Band, das unmittelbar unter die Kohlengebilde einschiesst. Als tiefste Schicht der untersten Abtheilung findet man bei Waldbröl, Olpe, im Lennethal, Thonschiefer und Grauwackenschiefer mit Calceola sandalina, und darüber, jedoch nicht als besonderes Stockwerk trennbar, den eigentlichen Stringocephalenkalk mit seinem flaserigen Ansehen und besonders reich an Versteinerungen bei Paffrath und Elberfeld. §. 114.

Die obere Abtheilung besteht im Ruhrthale, bei Nehden unweit Brilon, aus Dachschiefern, grauen Mergelschiefern, Thon- und Kalkschiefern und zu oberst aus grünen oder grauen Schieferthonen, die linsenförmige Kalknieren einschliessen, in welchen fast stets eine plattgedrückte Versteinerung (Goniatiten — Clymenien) als Kern sich findet. Dieser Nierenkalk, der durchaus den Cypridinenschiefern entspricht, bei Brilon, Hagen u. s. w. sehr entwickelt ist und auch als Clymenien- oder Goniatitenkalk bezeichnet wurde, ist in der Gegend unter dem Namen »Kramenzel-Stein« bekannt.

In der Eifel. Mittlere Abtheilung. Obere Abtheilung. Am einfachsten endlich sind die durch ihre Versteinerungen berühmten Kalkmulden der Eifel gebildet (Fig. 84). §. 115.

Fig. 84.



Durchschnitt von Blankenheimersdorf nach Gerolstein.
a Blankenheimersdorf. *b* Stromberg. *c* Altendorf. *d* Bolsdorf. *e* Gerolstein. 1 Aeltere Grauwacke (obersilurisches System). 2 Jüngere Grauwacke (Spiriferensandstein). 3 Eifeler Kalkstein. 4 Bunter Sandstein. 5 Basalt.

Es zeigen sich hier die unteren Muldenauskleidungen von Grauwacke, d. h. von ächtem Spiriferensandstein gebildet, der

auf den vielfach hin- und hergebogenen versteinerungsleeren Schichten abgelagert ist und so meist in die Länge gezogene Becken bildet, innerhalb welchen dann die Ablagerungen eines körnigen, oft krystallinischen, hier und da dolomitischen Kalks oder grauen Kalkmergels die Mulden gänzlich ausfüllen. Bei Prüm, Gerolstein, Stadtkyll, Kronenburg, Bensberg, Ruppichterod, Attendorf finden sich viele Mulden dieser Art, welche alle in derselben Richtung streichen und mehr oder minder reich an Versteinerungen sind. Häufig sind diese Mulden von Basalten durchbrochen, die indessen im Ganzen wenig Einfluss auf die Schichtenstellung geübt haben; an anderen Orten sind die Eifeler Kalke von buntem Sandstein überdeckt.

Nur an einer einzigen Stelle, bei Büdesheim, finden sich über dem Kalke dickschieferige, grünlich graue Mergelschiefer, die kleine, in Brauneisenstein verwandelte Goniatiten enthalten, auch ferner bei Chimay in Belgien vorkommen und den Cypridinenschiefern entsprechen.

§. 116. **Am Harze. Im Fichtelgebirge. In den steierischen Alpen.** An dem nordwestlichen Harzrande sind die devonischen Gesteine in ähnlicher Reihenfolge, wie an dem Rheine entwickelt. Man findet hier auf der älteren silurischen Grauwacke am kahlen Berge und Rammelsberge zuerst den Spiriferensandstein, dann schwarze, wenige Fuss mächtige Schiefer am Langenberge bei Goslar, in deren unterem Theile hauptsächlich die *Calceola sandalina*, in deren oberem analoge Versteinerungen, wie bei Wissenbach, vorkommen; dann den Stringocephalenkalk und den Clymenienkalk mit seinen bekannten Nierenconcretionen bei Clausthal, so wie bei Grund und Elbingerode; den Cypridinenschiefer bei Lautenthal, oder statt dessen rothe Thonschiefer mit Kalknieren und schwarzen Kalk mit Goniatiten bei Altenau.

In dem Fichtelgebirge zeigt sich eine ähnliche Reihenfolge, und zwar sind hier namentlich die Clymenienkalke bei Elbersreuth durch ihre Versteinerungen bekannt.

Besonderer Erwähnung verdient noch ein bedeutendes devonisches Gebiet, welches an dem Nordrande der östlichen Alpen von Neunkirchen über Leoben und Rastadt bis nach Insbruck sich hinerstreckt, grösstentheils aus weichen Schiefern bestehend und ausserordentlich reiche Spatheisensteinlager enthält, auf welche die steierische Eisenindustrie grösstentheils gegründet ist. Ausser diesen finden sich noch einzelne kleine Inseln von devonischer Grauwacke, Kalk und Spatheisen bei Grätz, Klagenfurth, die indessen nur geringere Bedeutung haben.

Reichthum an Eisen und anderen Erzen. In allen devonischen Bildungen verdienen namentlich die Lager mannigfaltiger Eisenerze, sowie die Anthracitlager, welche an einzelnen Stellen vorkommen, besondere Berücksichtigung; im Uebrigen hängt der Reichthum an Erzgängen hauptsächlich von der Nähe krystallinischer Kerne ab, durch welche bedeutendere Zersplitterungen erzeugt worden sind, die sich später mit Erzen anfüllten, während in den ausgedehnten Plateaus gewöhnlich nur Dachschiefer, Marmorarten und sonstige Bausteine eine industrielle Ausbeute versprechen. §. 117.

Versteinerungen. Als charakteristische Fossilien erwähnen wir: §. 118.

Rothenbergia Holllebeni. Knorria imbricata. Calamites transitionis, tuberculatus. Stromatopora concentrica, polymorpha. Pleurodictyum problematicum (Fig. 85). *Aulopora serpens. Catenipora escharoides. Cyathophyllum caespitosum, turbinatum. Calamopora* (*Alveolites*) *polymorpha, fibrosa. Cupressocrinus crassus* (Fig. 86). *Echinosphaerites tesselatus. Retepora* (*Fenestrella*) *infundibulum* (*antiqua*). *Terebratula* (*Spirigerina*) *ferita* (Fig. 87), *prisca* (*reticularis*), (*Spirigera*) *concentrica. Spirifer macropterus, cultrijugatus,*

Fig. 85.



Fig. 86.

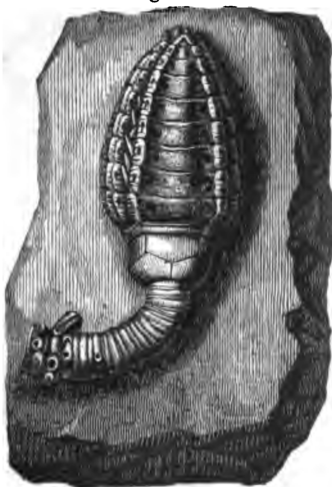
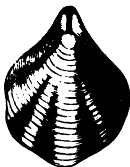


Fig. 87.



speciosus (Fig. 88), *Verneuili*, *Calceola* (*Cyrthia*) *sandalina* (Fig. 89 und 90). *Stringocephalus Burtini* (Fig. 91 und 92). *Orthis stria-*

Fig. 88.



Fig. 92.

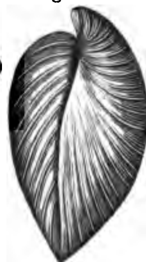


Fig. 89.

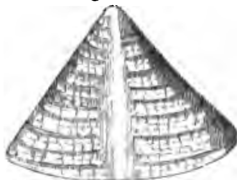


Fig. 90.



Fig 95.



Fig. 91.



Fig. 93.



Fig. 99.

a



b



Fig. 96.



Fig. 94.



tula. *Leptaena Murchisoni*, *lepis* (Fig 93), (*Orthis*) *Dutertri*. *Chonetes sarcinulata*. *Productus subaculeatus*, (*Orthis*) *productoides*.

Avicula (Pterinea) elegans. Nucula lineata. Cardiomorpha (Isocardia) antiqua. Conocardium Vilmarense (Fig. 94), *Lyelli* (Fig. 95), *Cardium concentricum (pectunculoides)* (Fig. 96), *Lucina proavia. Megalodon cucullatus. Conularia Gerolsteinensis. Bellerophon trilobatus, tuberculatus, striatus. Murchisonia bilineata bigranulata* (Fig. 97). *Pleurotomaria Murchisoni. Euomphalus serpens radiatus* (Fig. 98). *Monodonta purpurea. Macrocheilus (Buccinum) arculatus. Goniatites cinctus, acutus, Hoeninghausi* (Fig. 99). *Phragmoceras ventricosum. Clymenia* (viele Arten) (Fig. 100). *Orthoceras nodulosum. Cyrthoceras flexuosum. Cypridina serrato-striata* (Fig. 101). *Cytherina hemisphaerica, striatula, Phacops*

Fig. 100. Fig. 101.

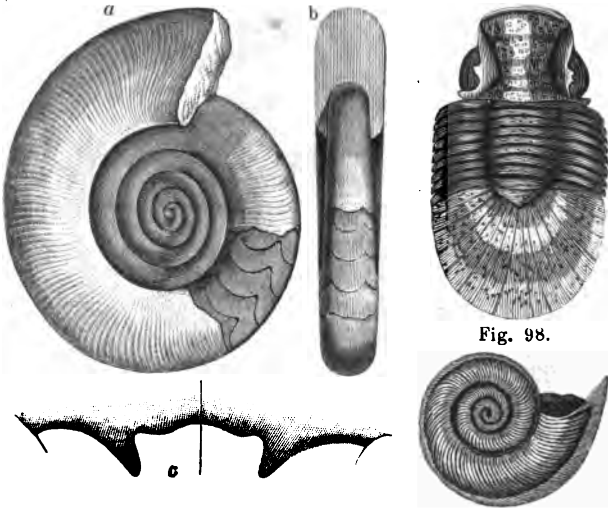
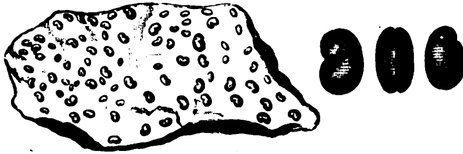


Fig. 98.

Fig. 102.



latifrons. Brontes flabellifer (Fig. 102). *Arges armatus* (Fig. 103). *Pleuracanthus (Phacops) laciniatus. Pterichthys cornutus* (Fig. 104), *latus etc.*

Cephalaspis Lyelli (Fig. 105). *Coccosteus oblongus*. *Holoptychius nobilissimus* (Fig. 106). *Bothriolepis ornatus*. *Asterolepis* (mehrere Arten). *Dendrodus* (mehrere Arten). *Acanthodes* (mehrere Arten, Fig. 107). *Dipterus* (mehrere Arten, Fig. 108). *Cirrhus Goldfussi* (Fig. 109).

Fig. 97.



Fig. 109.





Fig. 103.

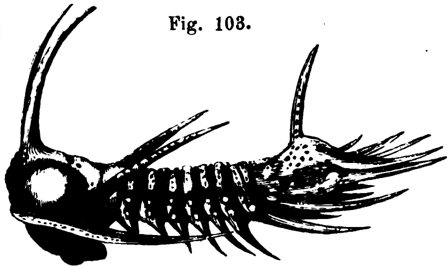


Fig. 104.

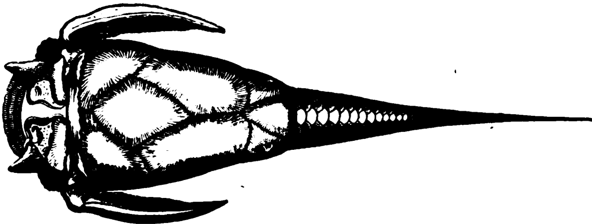


Fig. 105.

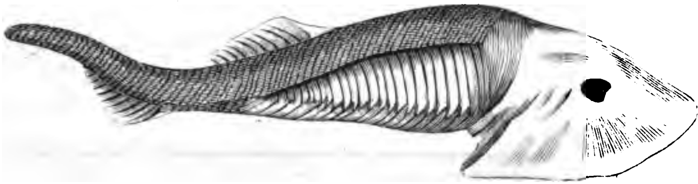


Fig. 106.

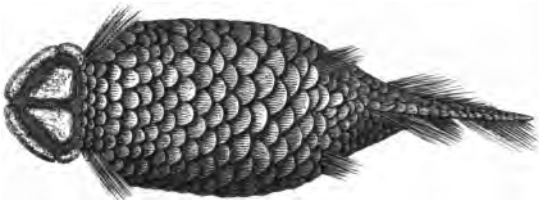


Fig 107.

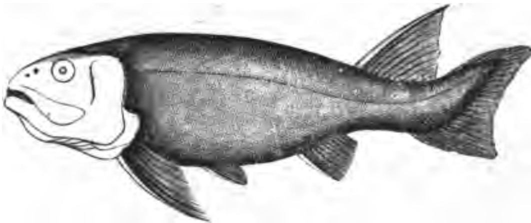
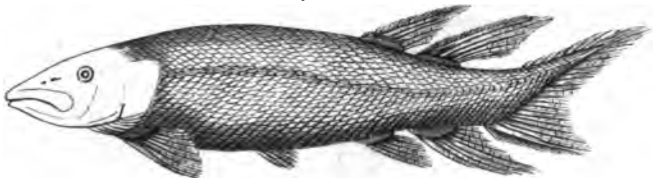


Fig. 108.



§. 119. Vergleichende Uebersicht

Obere

Nord-Amerika.	Belgien.	Eifel.	Westphalen.
Catskill-Sandstein. *Holoptychius nobilissimus.*			
Chemung-Gruppe. *Spirifer Verneuili* (*disjunctus*). *Bouchardi*, *mesostriatus*. *Leptaena interstriata*. *Delthyris cuspidata*. *Terebratula reticularis*. *Productus subaculeatus*, *membranaceus*. *Portage*-Gruppe. *Goniatites retrorsus*, *sinuosus*. *Clymenia complanata*. *Bellerophon striatus*. *Cyathocrinus ornatissimus*. *Spirifer laevigatus*. *Lucina retusa*. *Nucula lanceolata*.	Schiefer von *Couvain* und *Chimay*. *Spirifer Verneuili*. *Cardiola retrostriata*. *Goniatites retrorsus*. *Terebratula concentrica*, *reticularis*, *pugnus*. *Orthis umbraculum*. *Productus subaculeatus*. *Bactrites*.	Büdesheimer Mergelschiefer *Cypridina serratostriata*. *Posidonomya venusta*. *Cardiola retrostriata*. *Goniatites magnosellares*. *Bactrites*.	Nierenkalke. *Goniatites lanceolati*, *magnosellares*. *Clymenien*. Schiefer von *Nehden*. *Spirifer Verneuili*.

des Devonischen Systemes.

Abtheilung.

Nassau.	Harz, Fichtelgebirge.	Grossbritannien.	Russland.
		Alter rother Sandstein. *Pterichthys; Coccosteus; Cephalaspis; Holoptychius nobilissimus. Dendrodus. Telerpeton Elginense.*	Sandstein der Ostseeprovinzen. *Asterolepis; Bothriolepis. Dendrodus. Holoptychius nobilissimus.*
Cypridinen-Schiefer. *Cypridina serratostriata. Tentaculites tenuicinctus. Cardiola rostrata, retro-striata. Phacops cryptophthalmus, latifrons. Posidonomya venusta. Goniatites carinatus, retrorsus (magnosellares).*	*Cypridinen*-Schiefer von *Lautenthal. Cypridina serrato-str. Posidonomya vetusta. Phacops cryptophthalmus.* Nierenkalk vom *Sparenberg* und *Altenau. Goniatiten. Cardiola retro-striata.*	Schiefer von *Petherwin. Spirifer Verneuili. Goniatiten. Clymenien.*	*Domanik*-Schiefer. *Orthoceras. Cardiola retro-striata.*

Mittlere

Nord-Amerika.	Belgien.	Eifel.	Westphalen.
Genessee-Schiefer. *Orbicula Lodensis. Lingula spatulata, concentrica. Chonetes setigera. Avicula fragilis.*			*Stringocephalen*-Kalk von *Paffrath.* *Stringocephalus Burtini. Uncites gryphus. Macrocheilus arculatus Murchisonia turbinata.*
Tully-Kalk. *Terebratula cuboides. Orthis striatulata, resupinata.*			
Hamilton-Gruppe. *Dipleura Dekayi. Phacops latifrons, macrophthalmus. Cryphaeus calliteles. Goniatites uniangularis. Microdon bella-striata. Avicula flabella, orbiculata. Orthonota undulata. Cardium loricatum. Terebratula aspera, concentrica, reticularis. Orthis umbonata. Productus subaculeatus. Spirifer mucronatus, Bouchardi, granuliferus. Leptaena Dutertrei.*	*Calceola*-Schiefer. *Calceola sandalina Phacops latifrons. Spirifer speciosus. Stromatopora concentrica. Calamopora gottlandica, polymorpha.*	Eifeler Kalk. *Calceola sandalina. Stromatopora concentrica. Aulopora repens. Cyathophyllum ceratites, helianthoides, quadrigeminum. Spirifer speciosus, ostiolatus. Terebratula concentrica, reticularis.*	*Calceola*-Schiefer von *Waldbröl, Olpe, Lenne.* *Calceola sandalina.*
Marcellus-Schiefer. *Goniatites expansus, Noeggerathi.*			

Abtheilung.

Nassau.	Harz, Fichtelgebirge.	Grossbritannien.	Russland.
*Stringocephalen-*Kalk von *Villmar, Diez, Weilburg.* *Stringocephalus Burtini. Stromatopora concentrica. Cyathophyllum caespitosum, ceratites, quadrigeminum, dianthus. Calamopora polymorpha. Terebratula parallelepipeda, reticularis.*	*Stringocephalen-*Kalk von *Grund, Elbingerode, Clausthal. Terebratula cuboides, reticularis, concentrica, pugnus. Spirifer simplex. Stringocephalus Burtini.*	*Stringocephalen-*Kalk von *Plymouth, Bradley etc. Stringocephalus Burtini. Megalodon cucullatus, carinatus, Terebratula cuboides.*	
Schalstein.	*Calceola-*Schiefer von *Goslar, Auerhahn, Birkenthal. Phacops latifrons. Acidaspis horrida. Cyphaspis spinulosus. Goniatiten. Bactrites. Calceola sandalina. Calamopora gottlandica. Cystiphyllum spinulosum.*	*Calceola* - Schiefer von *Ogswell-house. Fenestella. Leptaena depressa, interstrialis.*	
Schiefer von *Wissenbach. Goniatiten. Orthoceratiten etc.*			

Nord-Amerika.	Belgien.	Eifel.	Westphalen.
Hornkalk. *Calymene crassimarginata. Odontocephalus selinurus. Phacops marcophthalmus. Cyrtoceras undulatum. Platyceras dumosum. Chemnitzia nexilis. Acroculia erecta. Pterinea cordiformis. Leptaena depressa. Terebratula reticularis. Pleurorhynchus trigonalis.*			
Onondaga-Kalk. *Favosites Gottlandica, alveolaris, fibrosa, favosa. Lithodendron. Cyathophyllum.*			

Untere

***Shoharrie*-Sandstein.** *Asterolepis. Pleurorhynchus. Phacops macrophthalmus, latifrons. Cyrtoceras.*	*Spiriferen*-Sandstein oder ältere Grauwacke *Spirifer macropterus, cultrijugatus. Cho-* *Leptaena dilatata. Orthis explanata.* *fasciculata. Homalonotus armatus, cras-* *dictyum problematicum.*		
Hahnenschwanzsandstein. *Fucoiden.*			
***Oriskany*-Sandstein.** *Acroculia. Spirifer arenosus, cultrijugatus, macropterus. Atrypa elongata, peculiaris. Orthis unguiformis.*			

Versteinerungs-

Ardennen-schiefer.	Hohes *Venn.* Hundsrück.	Hohe *Lenne.*

Nassau.	Harz, Fichtelgebirge.	Grossbritannien.	Russland.
A b t h e i l u n g.			
von Coblenz. *netes sarcinulata. Pterinea lineata, sicauda. Pleuro-*	Grauwacke vom *Rammelsberg* und *Kahlenberg.* *Homalonotus Barrandii. Nucula. arca. Lucina. Ctenocrinus.*	Schiefer von *Meadsfoot-Sands.* *Homalonotus.*	
l o s e S c h i e f e r.			
Taunus.			

3. Das Steinkohlensystem.

§. 120. **Wichtigkeit.** Die Schichten dieser Gruppe gehören zu den wichtigsten für die Industrie, da sie zwei wesentliche Hebel derselben einschliessen, Kohlen und Eisen. Ueberall, wo Steinkohlengebilde, sei es an der Oberfläche, sei es in erreichbarer Tiefe, sich vorfinden, entfaltet sich ein reges industrielles Leben, das im Verhältniss der Leichtigkeit der Communicationen weithin nach verschiedenen Richtungen ausstrahlt. Weit mehr als aller übriger Bergbau und selbst als die Goldsandlager, die in neuerer Zeit so vielfach entdeckt wurden, sichern die Steinkohlen den Reichthum und die Entwickelung eines Landes, indem sie das Mittel liefern, alle Hülfsquellen desselben durch Arbeit in reichlicherem Maasse strömen zu lassen. Das Steinkohlensystem selbst ist zwar nicht die einzige Bildung, in welcher Steinkohlen vorkommen, aber es stellt doch diejenige Formation dar, in welcher die mächtigsten und besten Lager dieses Brennmaterials und zwar in einer Weise abgelagert sind, dass die bergmännische Gewinnung in regelrechter Weise betrieben werden kann.

§. 121. **Eintheilung. Kohlenkalk. Uebrige Schichten.** Man unterscheidet in dem Steinkohlengebirge zwei grosse Gruppen, je nach der Entstehung seiner einzelnen Schichten. Solche Steinkohlenbecken, bei deren Bildung das Meer eine bedeutende Rolle gespielt hat, zeigen an ihrer Basis mächtige Lager eines meist grauen oder blauen, dichten, bituminösen Kalkes, der schroffe Wände, vielfache Schluchten und Höhlungen zeigt, eine grosse Anzahl von Meeresversteinerungen enthält und der Kohlenkalk (*Calcaire carbonifère; Mountain limestone;* Bergkalk) genannt wird. Ueber dieser ächten Meeresbildung, die an einigen Orten durch eigenthümliche Schiefergebilde theilweise ersetzt werden, liegen nun Conglomerate, Sandstein meist weisslicher oder grauer Farbe mit kiesigem Bindemittel, dunkelbraune oder schwarze Schieferthone, Alaunschiefer, Brandschiefer, mächtige Lager von Kohlen, Thoneisenstein u. s. w. enthaltend und meist mit Pflanzenversteinerungen und Resten von Landthieren angefüllt. Diese letztere Reihe zeigt sich sowohl in den Becken, welche mit dem Kohlenkalk beginnen, als auch in denjenigen, welchen alle marine Bildung abgeht und die man als Binnenmulden bezeichnen kann, vollkommen in derselben Weise, indem meist an ihrer Basis eine mehr oder minder mächtige kohlenlose

Sandsteinbildung, der sogenannte flötzleere Sandstein, sich findet. Obgleich demnach gerade die bauwürdigen Einschlüsse des Kohlengebildes in den Marinebecken wie in den Binnenmulden dieselben sind, so beruht doch der praktische Unterschied darin, dass die Marinebecken lange Erstreckungen von Seeküsten darstellen, in welchen die Bildungselemente nur sehr wenig wechseln und eine ausserordentliche Stetigkeit zeigen, während die Binnenmulden localen Depressionen ihren Ursprung verdanken und deshalb eine weit geringere Regelmässigkeit und Ausdehnung zeigen.

a. Marine Steinkohlenbecken.

In England. England ist hier vor allen übrigen europäischen Ländern weitaus am reichsten bedacht und auch darin noch vortheilhaft gestellt, dass seine Steinkohlenbecken eine ausserordentlich leichte Verführung ihrer Producte, namentlich zur See gestatten (Fig. 110 a. f. S.). §. 122.

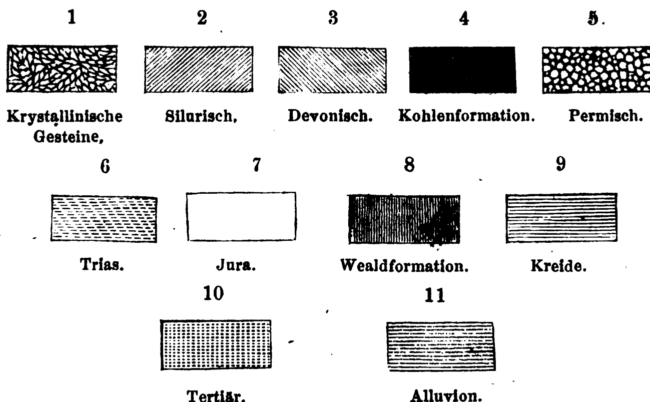
Die Kohlenablagerungen sind in mehre grosse Becken vertheilt, die alle das gemein haben, dass sie auf den devonischen und silurischen Gesteinen von Wales einerseits und von Schottland andererseits aufruhen und wahrscheinlich nur ein einziges grosses Becken bilden, dessen Zusammenhang aber in weiter Erstreckung durch überlagernde jüngere Gebilde verdeckt ist.

Becken von Wales. Zusammensetzung. Kleinere seitliche Kohlenbecken. Am meisten isolirt, weil rundum von devonischen Schichten umgeben, ist das Becken von Caermarthenshire im Süden von Wales, das eine unvollständige Ellipse bildet, die etwa 20 geographische Meilen Länge und 4 geographische Meilen Breite hat und mit einer ganzen breiten Seite an den Bristolcanal anstösst. Es stellt eine einzige grosse Mulde dar, deren Nordflügel regelmässig ausgebildet ist und nur schwach mit etwa 10 Grad gegen Süden einfällt, während der Südflügel vielfach zerknickt und gefaltet ist und steil aufgerichtete Schichten zeigt, die etwa 45 Grad Fall zeigen. Der Ostflügel, der beide verbindet, ist halbkreisförmig und etwa mit 10 Grad gegen das Innere der Mulde geneigt. Im Inneren der Mulde sind die Schichten vielfach zusammengefaltet, so dass sie eine Menge scharfer Rücken und Falten zeigen, die fast genau von Ost nach West streichen. Die Schichten zeigen folgende Anordnung, die §. 123.

Fig. 110.

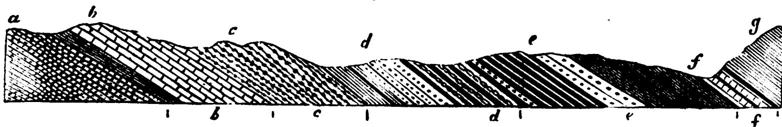


Geognostische Karte von England.



man überhaupt als eine Art Normaltypus für das Kohlengebirge in England ansehen kann (Fig. 111).

Fig. 111.



Schichtenfolge des Kohlengebirges in England.
a Devonische Sandsteine (*Old red sandstone*). *b* Kohlenkalk (*Mountain limestone*). *c* Flötzleerer Sandstein (*Millstone grit*). *d* Untere Kohle mit Eisennieren (*Lower coal and ironstone*). *e* Mittlere Kohle (*Main coal*). *f* Obere Kohle mit Süsswasserkalk (*Upper coal and freshwater limestone*). *g* Rothes Todtliegendes (*New red sandstone*).

Im ganzen Umkreise des Beckens sieht man den Kohlenkalk (*b*), der unmittelbar auf dem devonischen Sandstein aufruht und hier eine schieferige Structur zeigt. Nach oben geht dieser Kohlenkalk in einen grauen glimmerigen Sandstein, den flötzleeren Sandstein (*Millstone grit* der Engländer) (*c*) über, der oft an seiner Basis Conglomerate, zuweilen auch eingemengte Lager von Thonschiefer und Kohlenschmitzen zeigt. Hierauf kommen die eigentlichen Kohlenbildungen (*Coal-measures* der Engländer), Thonschiefer mit Sandsteinen wechselnd, welche die Kohlenschichten enthalten und zwar zu unterst die von Eisennierenlagern begleiteten unteren Kohlen (*d*), dann die mittleren Kohlen (*e*), die gewöhnlich sehr fett sind und nebst den unteren am meisten ausgebeutet werden. Die Kohlenflötze selbst sind höchstens 9 Fuss

dick und gewöhnlich durch Thonschiefer und Eisenlager, seltener durch Kalkstein und Sandstein von einander getrennt. Sie ruhen fast regelmässig auf einer sandigen, fetten, grauen oder schwarzen Thonschicht, die zur Verfertigung feuerfester Backsteine dient, deshalb *fire-stone* (Feuerstein) heisst und stets die Reste einer besondern Pflanze, das Stigmaria, enthält. Im Ganzen hat man etwa 95 Fuss bauwürdiger Kohlen; stellenweise finden sich endlich einzelne obere Kohlenschmitzen mit feinen Sandsteinen und porösen Süsswasserkalken (*f*), die meistens nicht bauwürdig sind, aber als Beschickung und Flussmittel für die Eisenhochöfen Werth haben. An einzelnen Orten im Süden werden dann die Kohlengebilde von jüngeren Ablagerungen, namentlich von buntem Sandstein überdeckt.

In dem Umkreise der devonischen Sandsteine, welche das Kohlenbecken von Wales einfassen, finden sich dann noch einzelne zerstreute kleine Kohlenbecken, wie z. B. bei Bristol, in Birmingham, die aber durch eine weite Ablagerung von buntem Sandstein von dem grossen nördlichen Kohlenbecken getrennt sind, indessen durch ihre Lagerung um den älteren Kern von Wales herum den Beweis liefern, dass diese nördlichen Kohlenlager bis zu diesem Kerne selbst vordringen und mit ihrer äussersten Lippe auf ihm aufgelagert sind.

§. 124. **Nördliches Kohlenbecken Englands. Zusammensetzung. Verwerfungen.** Das grosse nördliche Kohlenbecken Englands erstreckt sich in einem weiten Striche von dem Ufer des Trent und der Nähe von Liverpool bis über den Tyne und Newcastle hinaus nach Norden, von Derby bis Nottingham, und bildet so die grösste Kohlenformation Europas. Die Schichten dieses Gebietes fallen alle von Ost nach West ein, sie ruhen auf dem krystallinischen Kerne des nördlichen Englands, den sie von drei Seiten umgeben, und sind auf ihrer östlichen Grenze in einer fast gerade von Nord nach Süd von Newcastle bis an den Trent laufenden Linie von den Schichten des permischen Systemes bedeckt. Bei einem queren, von der Insel Man etwa nach Kingston geleiteten Durchschnitt würde man fast sämmtliche Schichten, die in England vorkommen, successiv auf dem Kohlengebilde nach Osten hin aufgelagert finden.

Dieses Becken ist nicht vollkommen einfach in seiner Zusammensetzung und durch eine eigenthümliche Entwickelung der unteren Kohlenkalkschichten in eine nördliche und eine südliche Hälfte getheilt. Bei Sheffield, Nottingham und Manchester, in Derbyshire und Yorkshire bildet der Kohlenkalk domartig auf-

gewölbte Schichten, die von dem flötzleeren Sandstein überdeckt werden, welcher in seinen unteren Lagen mit Thoneisenstein und schwarzen Thonschiefern wechselt. Allmälig wird der Kohlenkalk immer mächtiger, drängt mehr an die Oberfläche, wo er die bedeutenden Höhlen enthält, in welchen viele Knochen ausgestorbener Säugethiere gefunden wurden; und da flötzleerer Sandstein sich ebenfalls in seiner Erstreckung erhält, wird ein weites, hügeliges Land gebildet, das keine Kohlen mehr besitzt, sondern nur Kohlenkalk und flötzleeren Sandstein zeigt. Weiter nach Norden zu bei Newcastle treten dann die Kohlenschichten wieder auf, aber wie es scheint in einem anderen Niveau der Kohlenformation als in dem Süden. Man beobachtet nämlich eine merkwürdige Veränderung der Gesteine, je mehr man nach Norden vordringt. Der Thonschiefer geht allmälig in plattenförmigen Kalkstein über, der flötzleere Sandstein nimmt in seinen unteren Lagern Kohlenflötze und Kalksteine auf, so dass es scheint, als lägen die Kohlen des Beckens von Newcastle in den untersten Lagen des flötzleeren Sandsteines zunächst dem Kohlenkalke, während die südlichen Kohlenfelder von Sheffield und Manchester sich über dem flötzleeren Sandsteine befinden. In dem südlichen Theile finden sich zugleich mächtige Eisennierenlager, während dieselben in dem nördlichen Theile eine Seltenheit sind. Dieser letztere ist dafür von vielfachen Verwerfungen durchzogen, die im Ganzen nach zwei Richtungen streichen, von Ost nach West und von Süd nach Nord, und so das ganze Becken wie ein Schachbrett in eine Reihe von einzelnen quadratischen Feldern theilen. Diese Risse und Sprünge sind gewöhnlich mit Trapp ausgefüllt, der aus der Tiefe ausgestiegen ist, so dass die Trappgänge gewissermaassen Mauern oder Dämme bilden, welche das Uebertreten der Grubenwasser aus einem Felde in das andere verhindern, Hierdurch sowie durch die bedeutenden Verwerfungen, welche durch diese Trappgänge veranlasst sind, erhalten dieselbe eine besondere Bedeutung für den praktischen Bergmann. Man kennt einzelne dieser Verwerfungsspalten von bedeutender Mächtigkeit, die zugleich eine grosse Verschiebung in dem Niveau der Kohlenschichten veranlasst haben, so z. B. den *Ninety-fathomdyke* (Neunzigfadengang), der an einzelnen Orten die ausgedrückte Breite hat und eine solche Verwerfung erzeugte, dass der nördliche Theil des Kohlenfeldes um 200, ja an einzelnen Orten selbst um 350 Meter tiefer sank als der südliche Theil.

§. 125. **In Schottland. In Irland.** In Schottland finden sich nur einzelne kleine Becken, buchtartige Fortsetzungen des englischen Kohlenmeeres, welche aber insofern merkwürdig sind, als unter dem viele Versteinerungen enthaltenden marinen Kohlenkalke, Schieferthone mit Pflanzen, und unter diesen wieder Kalke liegen, welche nur Versteinerungen des Festlandes und des süssen Wassers enthalten. Es existirten also hier im Beginne der Kohlenzeit einzelne Süsswasserseen, in welche später das Meer hereinbrach.

Der grösste Theil des Bodens von Irland wird von marinem Kohlenkalke gebildet, der flachhügeliges Moorland trägt, viele Versteinerungen enthält, über dem sich aber keine weiteren Kohlenablagerungen entwickelt haben, so dass hier ein Punkt tieferen Meeres war, der keine Pflanzenvegetation gestattete.

§. 126. **Auf dem Continent.** Treten wir nach dem Continent über, so finden wir ein dem englischen entsprechendes Steinkohlenufer im Norden des rheinischen Uebergangsgebirges und der Ardennen, ein Ufer, das sich mit Unterbrechungen von Bethune und Valenciennes bis nach Stadtberge in Westphalen hinzieht. Die hauptsächlichste Unterbrechung dieses Ufers findet sich an dem Rheine selbst zwischen Düsseldorf und Jülich, wo ohne Zweifel die Steinkohlenbildungen in bedeutender Tiefe existiren, aber von den Anschwemmungen des Rheins und den jüngeren Formationen gänzlich überdeckt sind. Man kann deshalb zwei wesentliche Becken an diesem Ufer unterscheiden, das belgische Becken, welches mit seinen beiden Endpunkten einerseits nach Nordfrankreich, andererseits in die Rheinprovinz hereinragt, und das westphälische Becken, das gänzlich auf deutschem Boden auf der rechten Seite des Rheines liegt.

§. 127. **Belgisches Becken. Kohlenkalk. Kohlenschichten. Schichtenstellung. Ausbeute. Zahl der Steinkohlenlager.** Das belgische Becken ist vorzüglich am Nordrande der bedeutenden devonischen Gebirgsmasse ertwickelt, die längs der Ardennen streicht; seine Grenzen können durch eine Linie bezeichnet werden, die man von Bethune über Tournay, Namur, Lüttich nach Limburg und Aachen zieht. In dieser ganzen Erstreckung behält das Kohlengebirge etwa dieselbe Breite und ist überall von Kohlenkalk begleitet, der namentlich in einem Dreiecke, welches man zwischen Tournay, Peruwelz und Lüttich beschreiben kann, eine grössere Breite zeigt. Ausserdem ist der Kohlenkalk

im Westen der devonischen Gebirgsmasse bei Avesnes, im Norden bei Stollberg und Eupen, Eschweiler und Aachen, und im Inneren des devonischen Gebiets in einem unregelmässigen Becken entwickelt, als dessen Mittelpunkt die Stadt Dinant gelten kann. Die Schichten der eigentlichen kohlenführenden Gesteine gehen hauptsächlich längs dem Laufe der Sambre und Maas zu Tage; das Sambrethal von Charleroi bis Namur und das Maasthal von ersterer Stadt an bis Lüttich erstrecken sich gänzlich in die Steinkohlengebilde selbst, die hier an die Oberfläche kommen. Nach Süden hin liegen diese Steinkohlenschichten alle unmittelbar auf den devonischen Gebilden auf, meistens so von dem Kohlenkalke unterteuft, dass derselbe eine Mulde bildet, deren Flügel im Norden und Süden an die Oberfläche kommen; weiter hin nach Norden werden die Kohlengebilde von den Kreideschichten und Tertiärablagerungen Belgiens gänzlich bedeckt und ebenso sinken sie nach Westen hin, je weiter nach Frankreich man vordringt, unter die Kreide- nnd Tertiärablagerungen des Pariser Beckens hinab, so dass man überall auf französischem Boden erst mittelst Schachten, die bis zu einer gewissen Tiefe durch die Kreide hindurchgetrieben werden müssen, auf das Kohlengebirge gelangt. Ohne Zweifel erstreckt sich die unterirdische Fortsetzung des Kohlengebirges etwa einer Linie entlang, welche man von Bethune nach dem Cap Grisnez ziehen kann, indem dort bei Fergues neben dem devonischen Gebilde des Bas-Boulonnais, dessen wir schon erwähnten, auch ein kleines Fleckchen von Steinkohle entwickelt ist. Diese unterirdische Fortsetzung aber auszubeuten ist deshalb unthunlich, weil die Mächtigkeit der Schichten, welche in dem Verlaufe der angegebenen Linie die Kohlenlager überdecken, zu bedeutend ist.

Nach Osten hin, in der Nähe von Limburg und Aachen, findet dasselbe Phänomen statt wie in Westen; es werden hier ebenfalls einzelne Becken gebildet, welche theils im Kohlenkalke und im devonischen Systeme eingeklemmt sind, theils auch von den Kreide- und den Tertiärablagerungen so überdeckt werden, dass ihre Fortsetzung nicht weiter nachgewiesen werden kann.

Der Kohlenkalk des belgischen Beckens ist meist blau oder schwärzlich, bietet zuweilen beim Bruche einen stinkenden Geruch und zeigt häufig Adern von weissem Kalkspath. Er ist meistens compact, körnig und wird oft als Marmor ausgebeutet, der schwarz mit weissen Flecken ist, welche Flecken Durch-

schnitte von Fossilien, namentlich von Enkrinitenstielen darstellen. Zuweilen enthält der Marmor Dolomite.

Die kohlenführenden Schichten, welche auf diesem Marmor liegen und oft die seltsamsten Biegungen zeigen, bestehen hauptsächlich aus schieferigem Thon, aus festeren Thonschiefern und Sandsteinen. Der Schieferthon ist feinkörnig, weich, von erdigem, mattem Bruche, grauer oder schwarzer Farbe und im Inneren der Gruben oft von grosser Festigkeit. Sehr oft finden sich Glimmerblättchen in seiner Masse. Diese Thonschiefer gehen hier und da in den Sandstein über, der meist aus feinen Quarzkörnern besteht, die durch wenig Mörtel zusammengehalten sind, und gewöhnlich eine dunkelgraue Farbe hat. Conglomerate oder grobkörnige Sandsteine sind selten. Lager von Eisennieren finden sich häufig zwischen den Thonschiefern, noch öfter aber Eisen- und Schwefelkiese.

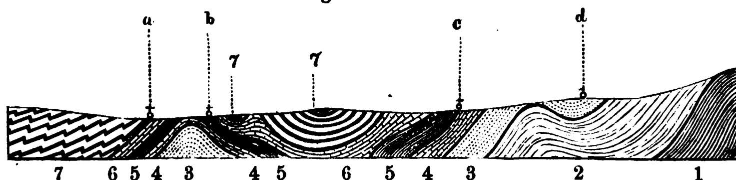
Die Schichten sind auf der ganzen Länge des belgischen Beckens in solcher Weise zusammengedrückt, dass das Becken wenigstens auf die Hälfte seiner ursprünglichen Breite reducirt ist und eine Menge Winkelfalten und Zickzackbiegungen zeigt, die namentlich auf der südlichen Grenze längs den Ardennen am deutlichsten ausgesprochen sind, so dass eine Menge von sattelförmigen Falten entstehen, welche die tieferen Gebilden zu Tage kommen lassen und die Steinkohlen in einzelne secundäre Becken abtheilen, die fast die Gestalt von Trichtern oder sehr steilen Mulden haben. Dieser Unterschied zwischen den beiden Flügeln der Mulde ist hauptsächlich an den beiden Enden der Kohlenerstreckung bei Aachen einerseits und bei Valenciennes andererseits bemerklich, während in der Mitte bei Mons, Charleroi und Lüttich die Zusammendrückung auf beiden Seiten fast gleichmässig ist. Trotz dieser Verwerfung ist die Erstreckung der Kohlenlåger indessen ausserordentlich regelmässig. Verwerfungen, die einigermaassen in das Auge fallen, bemerkt man fast nur in der Gegend von Lüttich, aber auch da erstreckt sich ihr Einfluss nur auf Niveauunterschiede von 5 bis 10, höchst selten 50 Metern. Verwirrungen, Aufhören der Schichten, taube Lücken zwischen denselben finden sich nur selten und stören den Abbau nur in sehr geringem Grade.

Im Allgemeinen kann man sagen, dass die Kohlen, je nach der Tiefe, in welcher sie sich finden, verschiedene Eigenschaften haben und dass man sie nach diesen Eigenschaften in drei Stockwerke theilen kann; das unterste Stockwerk enthält magere anthracitartige Steinkohlen, vorzüglich geeignet zum Beschicken

der Hochöfen; das mittlere Stockwerk enthält gewöhnlich halbfette Schmiedekohlen, das obere fette Kohlen mit langer Flamme, die vorzugsweise zu Gasanstalten sich eignen. In dem Becken von Lüttich zählt man 85 Steinkohlenlager, von denen das dickste höchstens eine Mächtigkeit von 2 Metern hat. Das untere Stockwerk mit mageren, oft erdigen und kiesigen Steinkohlen zählt 33 Lager, das mittlere Stockwerk 21 Lager halbfetter, das obere 31 Lager ganzfetter Kohlen. Bei Mons zählt man 116 Lager, worunter 15 auf die mageren, 52 auf die fetten und halbfetten Schmiedekohlen gehen, welche man in industrieller Beziehung wieder unterscheidet, indem die unteren 23 Lager hauptsächlich zur Coaksfabrikation, die oberen 29 zu Schmieden gesucht sind; und endlich 50 Lager sogenannter Flenukohlen mit langer Flamme, die in dem oberen Stockwerke sich finden.

Becken von Eschweiler und Rolduc. In der Nähe von Aachen finden sich zwei kleinere Steinkohlenbecken, von denen dasjenige von Eschweiler ganz, das von Rolduc nur zum Theil zu Deutschland gehört (Fig. 112). §. 128.

Fig. 112.



Durchschnitt von Aachen nach Montjoie.

a Aachen. *b* Burtscheid. *c* Hahn. *d* Rötger.
1 Aelteste Schiefer. 2 Aeltere Grauwacke. 3 Jüngere Grauwacke (Spiriferensandstein). 4 Eifeler Kalkstein. 5 Posidonomyenschiefer. 6 Kohlenkalk. 7 Kohlenbecken, links das von Aachen an der Worm, rechts das von Eschweiler.

Das Becken von Rolduc hat eine mehr rundliche Form und ist quer von der Worm durchströmt, dasjenige von Eschweiler streicht ziemlich schmal in der Richtung der Ardennen, so dass auf dem hier gegebenen Durchschnitte nur seine äusserste westliche Spitze betroffen ist. In der Mulde von Rolduc an der Worm sind alle Schichten zickzackförmig in der Art geknickt, dass die nördlichen Flügel der Zickzacke steil fallen, die westlichen dagegen nur sehr sanft. In dem Eschweiler Becken dagegen ist die Biegung fast gleichförmig, wenn auch der östliche, den Ardennen zugewandte

Flügel etwas steiler fällt. Man zählt in dem Becken von Eschweiler 46 Kohlenlager, von denen indess nur 15 ausgebeutet werden, die eine vortreffliche fette Steinkohle liefern, welche bei Herstellung besserer Communicationswege hauptsächlich für die Eifel ausserordentlich wichtig werden würden.

§. 129. **Becken an der Ruhr. Zusammensetzung. Kohlenkalk.** Das Ruhrthal in seiner ganzen Länge bezeichnet etwa die Erstreckung des norddeutschen Kohlenbeckens, das jetzt seinen Einfluss mittelst des Rheines bis in den entferntesten Südwesten Deutschlands ausübt. Das Kohlengebirge besteht hier ebenfalls aus drei Gliedern, dem Kohlenkalke, dem flötzleeren Sandsteine und den kohlenführenden Thonschiefern, die in grosser Regelmässigkeit übereinander gelagert sind, so dass man im Süden längs des devonischen Kalkes den Kohlenkalk und den Posidonienschiefer, hierauf den flötzleeren Sandstein an der Nordgrenze der Steinkohlenläger selbst trifft, die in ihrer weiteren Erstreckung von der westphälischen Kreide überdeckt werden. Im Ganzen fallen die Schichten von Süd nach Nord unter diese Kreide ein. Die Grenze des ganzen Beckens würde in Westen etwa durch eine Linie bezeichnet, welche man parallel dem Rheinlaufe durch Ratingen ziehen kann; die nördliche Grenze zieht in fast gerader Linie von Mühlheim an der Ruhr an Essen, Bokum, Dortmund, Unna vorbei bis nach Stadtberge an der Diemel, wo die weitere östliche Erstreckung von dem Zechstein und den bunten Sandsteinen Mitteldeutschlands überlagert wird. Die südliche Grenze ist nicht so einfach; sie zieht sich von Ratingen nach Ruhrath und bildet dann eine bis gegen Mettmann vorspringende Zunge, die zwischen die devonische Insel von Ratingen und das Grauwackenplateau von Elberfeld eingeklemmt ist. Von Mettmann streicht die südliche Grenze fast in gerader Linie etwas nördlich von Elberfeld und Barmen nach Hagen, Iserlohn und bis in die Gegend von Arnsberg, wo sie plötzlich nach Südosten zurückspringt und eine zweite Zunge bildet, die fast das Ufer der Lenne bei Neuenrade erreicht. Von hier streicht dann die Linie wieder in der ursprünglichen, fast östlichen Richtung über Allendorf, Meschede, Brilon und Bleiwasch, um bei Stadtberge mit der nördlichen Grenze zusammen zu treffen. Die einzelnen Gebilde sind in diesem Becken nicht gleichmässig abgelagert. Der Kohlenkalk und die ihm entsprechende Schieferformation bilden ein langes schmales Band längs der südlichen Grenze, das um so breiter wird, je mehr nach

Osten man es verfolgt, und namentlich bei Arnsberg und Stadtberge eine bedeutendere Breite zeigt. Der ächte Kohlenkalk ist fast nur im Westen, in der Gegend von Ratingen, entwickelt; weiter nach Osten hin wird die Bildung schieferig und enthält Zwischenlager und Nieren von Thonschiefer, Alaunschiefer, Kieselschiefer und Thoneisenstein. In diesen Schiefern, die man früher zu dem devonischen Systeme rechnete, die aber bei Limbeck unweit Elberfeld dem Kohlenkalke aufgelagert sind, ist besonders *Posidonomya Becheri* ausserordentlich häufig, weshalb man sie auch Posidonienschiefer genannt hat. Es erstrecken sich diese Schiefer auch längs des Ostrandes des rheinischen Uebergangsgebirges von Stadtberge bis Herborn und Giessen und lassen so die Vermuthung aufkommen, dass auch längs dieses Ostrandes Steinkohlenflötze unter den bedeckenden Zechsteinen und bunten Sandsteinen entwickelt sein möchten. Im Westen liegt auf dem Kohlenkalk und den Posidonienschiefern in weit bedeutenderer Mächtigkeit der grauliche, feinkörnige, zuweilen thonige, flötzleere Sandstein, der meistens zu Bausteinen verwendet wird und im Osten ganz allein die nördliche Fläche des Beckens bildet, so dass östlich von einer durch Schwerde und Herdecke gezogenen Linie keine Kohlen mehr vorkommen, und die Ruhr von Westhofen an östlich nur in tieferen kohlenleeren Gebilden läuft, während von Herdecke bis nach Mühlheim das Ruhrthal fast nur in den einzelnen Steinkohlenbecken ausgegraben ist, die durch verschiedene schmale, nordöstlich streichende Sattelrücken der flötzleeren Sandsteine von einander abgetheilt sind. Innerhalb dieser einzelnen Becken zeigen die Steinkohlenflötze eine muldenförmige Schichtenstellung mit meist gleichförmigem Fallen und wenigen Verwerfungen, die nur in der Gegend von Werden bemerkbarer sind. Die Steinkohlenflötze selbst sind zwischen feinspaltenden dunkeln Thonschiefern abgelagert, die mit feinkörnigen oder groben blaugrauen Sandsteinen wechseln. Ihre Mächtigkeit übersteigt selten 20 Zoll; und wenn man auch in vielen Gruben mehr als 60 einzelne Flötze zählt, so sind doch die meisten derselben so dünn, dass sie nicht mit Vortheil ausgebeutet werden können. Diejenigen Flötze aber, welche zur Ausbeutung mächtig genug sind, liefern meist eine vortreffliche fette Kohle, die allen Bedürfnissen der Industrie auf das vollständigste genügt. An vielen Orten, wie z. B. bei Essen, sind die Schachte bis in bedeutende Tiefe durch die das Kohlengebilde im Norden überdeckenden Kreideschichten des westphälischen Beckens hindurchgetrieben worden.

§. 130. **Bei Ibbenbühren.** Bei Ibbenbühren im Osnabrückischen kommt ein kleines Inselchen von Steinkohlengebilden vor, welches fast in der Streichungslinie des Ruhrbeckens liegt und ringsum von domartig erhobenen Schichten umgeben ist, die aus der westphälischen Kreide hervorragen und eine isolirte Erhebung anzeigen, welche die tieferen Gebilde auf die Oberfläche gebracht hat. Es ist wahrscheinlich, dass dieser kleine isolirte Fleck eine Fortsetzung im Osten anzeigt und dass ein unterirdischer Zusammenhang mit dem Ruhrkohlenbecken existirt, der aber gewiss durch ungemein mächtige Massen jüngerer Gebilde überlagert ist.

§. 131. **Am Harze.** Verfolgt man die Steinkohlenbildung auf deutschem Gebiete weiter nach Osten, so trifft man erst in der Umgebung des Harzes wieder einige höchst unbedeutende Flecken von Steinkohlengebilden, die zudem mit dem Rothliegenden des permischen Systemes so verwachsen scheinen, dass eine Trennung kaum möglich ist. Zunächst an dem Harze findet sich an dem südöstlichen Saume bei Ilfeld, Neustadt und Ballenstedt ein weiter nicht ausgebildetes unbedeutendes Steinkohlengebiet, welches aus grauen Schieferthonen und eingelagerten, wenig mächtigen Steinkohlenschichten besteht, die zwischen Einbuchtungen der älteren Grauwacke eingeklemmt sind. Dass diese kleinen Steinkohlenschmitzen am Harze marine Bildungen sind, geht daraus hervor, dass sie überall auf Posidonienschiefern lagern, die mit mächtigen Grauwackensandsteinen wechsellagern, in welchen Pflanzenversteinerungen vorkommen. Auch enthalten diese Posidonienbildungen die Silbergänge von Clausthal. Als eine Fortsetzung dieses von dem Rothliegenden überdeckten Steinkohlengebildes tritt noch einmal bei Wettin und Löbejün, unweit Halle (siehe die Karte des Harzes und Thüringerwaldes Fig. 140, S. 166), eine geringe Steinkohlenbildung hervor, die ihren Versteinerungen nach unzweifelhaft zu dem ächten Steinkohlensysteme gehört, aber von dem Rothliegenden ebenfalls verdeckt und von Porphyren so durchbrochen ist, dass ihre Lagerung nur schwer erkannt werden kann.

§. 132. **Im Osten Deutschlands. Niederschlesisches Becken. Oberschlesisches Becken.** Ganz im Osten Deutschlands findet man wieder mehre marine Becken in Schlesien, die vielleicht ursprünglich zusammengehört haben dürften, jetzt aber in mehre Becken geschieden werden müssen: Das niederschlesi-

sche in der Umgegend von Waldenburg in der Grafschaft Glatz, in der Mulde zwischen dem Riesengebirge, den Sudeten und dem Eulengebirge, das Oberschlesische zwischen Tarnowitz und Krakau in der Nähe der Karpathen. Die Grundlage dieser schlesischen Becken wird vom Kohlenkalke gebildet, so dass also, wenn man diese verschiedenen marinen Becken zusammenfasst, man zu der Annahme geleitet wird, dass zur Kohlenzeit im Norden Deutschlands ein Meer existirte, dessen Ufer sich längs des rheinischen Schiefergebirges und des Harzes nach der Oberlausitz, dem Riesengebirge und den Sudeten hinzogen.

Das niederschlesische Becken ruht auf den Glimmerschiefern und Uebergangsgebilden des Riesengebirges, Eulengebirges und der Sudeten, ist theilweise durch rothen Sandstein und Tertiärgebilde überdeckt, und die Schichtung an vielen Orten durch Durchbrüche, namentlich von Porphyren, gestört. Vorherrschend sind im Steinkohlengebilde selbst Sandsteine und Conglomerate von Kieselmassen, deren Bindemittel ein Eisenthon ist. Der feinkörnige Sandstein ist meist hellgelb, zuweilen selbst weiss, öfter gefleckt oder gestreift. Ausserdem findet sich viel Schieferthon, bläulich oder aschgrau, mit glänzenden Glimmerblättchen. Im Allgemeinen sind im waldenburgischen Kohlengebirge Eisentheile selten, und es ist im ganzen Reviere kein einziges bauwürdiges Flötz von Eisennieren bekannt.

Die Kohle ist meist vortrefflich, aber nur in dünnen Schichten abgelagert, von einigen Zollen bis höchstens zu drei Lachtern; im letzteren Falle aber zeigen stets thonige Zwischenlager eine Zusammensetzung aus mehren Schichten an, so dass im Allgemeinen kein reines Kohlenflötz von mehr als 1½ Lachter Dicke bekannt ist. Die Schichten sind meist unter 18 bis 20 Grad geneigt, Verwerfungen rein locale Erscheinungen.

Schwefelkies ist eine häufige Erscheinung in den Steinkohlen des Waldenburger Revieres und dadurch bedingte Selbstentzündungen und Grubenbrände durchaus gewöhnlich. Bekannt ist der Brand der sogenannten Fuchsgrube bei Waldenburg, der schon seit 1798 dauert. Diese herrliche Grube hat 19 Flötze, wovon 14 bauwürdig sind und worunter sich mehre von mehr als einem Lachter Mächtigkeit befinden. Das oberschlesische Becken zeigt keine specielle Verschiedenheit.

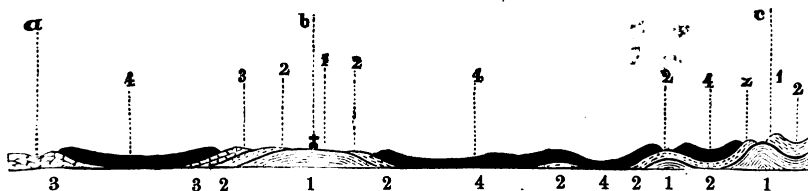
In Russland. Kohlenkalk. Marine Steinkohlenlager treten §. 133.
erst wieder ganz im Osten auf dem europäischen russischen Conti-

nente auf (s. Fig. 45, S. 85, die Karte des östlichen Europas). Die Ablagerungen stellen hier ein langes Band dar, welches von dem Ufer des Weissen Meeres längs der Ostgrenze der devonischen Gebilde sich hinzieht, bei seinem Verlaufe von Nord nach Süd stets breiter wird und in der Gegend von Moskau, dem einspringenden Winkel des devonischen Systems entsprechend, keulenförmig anschwillt und so die Existenz eines von West nach Ost streichenden Schenkels anzeigt, dessen Fortsetzung aber durch Ueberlagerung von Jura-, Kreide- und Tertiärschichten vollkommen verdeckt ist. Als letzter Ausläufer dieses Schenkels zeigt sich ein kleines Steinkohlenbecken an dem Ufer der Wolga, in der Nähe von Stauropol. In dem ganzen Raume dieser Ausdehnung fallen die Schichten, wenn auch mit sehr geringer Neigung gegen Osten hin, ein, und ihre Combination würde ein Becken bilden, dessen tiefster Mittelpunkt etwa in der Gegend von Perm gelegen wäre. Auf dem ganzen weiten Raume bis zum Ural aber sind die Kohlenschichten von dem permischen und jurassischen System überdeckt. Für ihre Fortsetzung in der Tiefe sprechen indess zwei specielle Erscheinungen. Der ganze Ural nämlich ist auf seinem Westabhange von einem schmalen Striche aufgerichteter Kohlenkalkschichten eingefasst, die ganz in derselben Weise wie an der Ruhr und Maas steile Abstürze mit Höhlen und pittoresken Felsenformen längs den Ufern der Flüsse bilden, welche aus dem Gebirge hervorbrechen. Alle diese Schichten fallen nach Westen hin ein, bilden also den steileren Gegenflügel des östlichen Kohlenstriches; ferner wird die unterirdische Fortsetzung dadurch ausser Zweifel gesetzt, dass die devonische Erhebungslinie des Timangebirges, welches das Petschoraland von dem übrigen russischen Continente trennt, auf beiden Seiten von schmalen erhobenen Schichten von Kohlenkalk eingefasst ist, die von dieser Erhebungslinie nach Ost und West abfallen und offenbar Stücke sind, welche durch die Erhebung aus der Tiefe hervorgebracht wurden. Nach Süden hin scheint das Steinkohlengebilde ebenfalls unter den überlagernden Massen durchzugreifen, so dass im Norden des Asowschen Meeres noch ein isolirtes Becken an dem Donetz vorkommt, welches einzig einige bauwürdige Flötze von Steinkohlen enthält. Auf der ganzen übrigen Erstreckung der Steinkohlengebilde in Russland sind diese nämlich einzig aus marinem Kohlenkalke gebildet, der, wie in Irland, durchaus keine Steinkohlenlager sondern nur hier und da einige Schmitzen unreiner, sandiger und kiesiger Kohle und verkieselte Pflanzen enthält. Der Kohlenkalk ist dagegen in ungemein mächtigen

Ablagerungen entwickelt, die man in drei Stockwerke geschieden hat. Das unterste Stockwerk, namentlich im Waldaïgebirge ausgebildet, besteht aus dunkelgrauem bituminösen Sandstein, der mit Sand, Mergel und Thonschiefern wechsellagert und als charakteristische Versteinerung *Stigmaria ficoides* und *Productus giganteus* enthält. Das mittlere Stockwerk, hauptsächlich in der Gegend von Moskau ausgebildet, besteht aus weissen dolomitischen Kalksteinen, wechsellagernd mit rothen und grünen Mergeln, Schiefern und Quarzitlagern; seine charakteristische Versteinerung ist *Spirifer mosquensis;* die obersten Lager endlich werden von grauen weichen Sandsteinen gebildet, in denen einzelne Schichten oft ganz aus *Fusulina cylindrica* zusammengesetzt sind.

In Nordamerika. Apalachisches Becken. Becken von Illinois. Becken von Michigan. Becken von Neu-Braunschweig. Ausbeutungsverhältnisse. Lagerung und Zusammensetzung. In Nordamerika sind die durchaus marinen Steinkohlen, wie schon früher bemerkt, in drei kolossalen Becken abgelagert, welche überall von dem devonischen Systeme umfasst sind und Depressionen innerhalb des grossen silurischen Gebietes einnehmen, das eine Breite von 700 englischen Meilen und ebenso grosse Länge besitzt. Die Faltungen und Biegungen der silurischen und devonischen Systeme erscheinen am deutlichsten auf einem Querschnitte, den man durch Cincinnati in der Weise legen kann, dass er von dem Mississippi bis zu den Alleghanies die mittlere silurische Insel von Kentucky und die beiden grössten Kohlenbecken durchschneidet (Fig. 113). §. 134.

Fig. 113.



Durchschnitt des nordamerikanischen Continentes zwischen den Alleghanies und dem Mississippi.

a **Mississippi.** *b* **Cincinnati.** *c* **Alleghanies.** **1 Silurisches System. 2 Devonisches System. 3 Kohlenkalk. 4 Steinkohlenbecken.**

Das grösste nordamerikanische Becken erstreckt sich in einer Länge von 600 englischen Meilen von der Südspitze der Alleghanies in dem Staate Tenessee bis zu der nordöstlichen Ecke des Staates Pennsylvanien, wo sich viele einzelne untergeordnete inselartige Becken finden, die auf den devonischen Gebilden des Staates Newyork aufgelagert sind. Das Becken hat die Gestalt einer langgezogenen unregelmässigen Ellipse, seine grösste Breite beträgt 170 englische Meilen und seine Gesammtfläche kann auf 60 000 Quadratmeilen geschätzt werden. Man hat es mit dem Namen des Apalachischen Kohlenfeldes bezeichnet. Fast alle seine Gewässer strömen in den Ohio, an dessen Ufer Pittsburg den Centralpunkt der Ausbeutung und industriellen Verwerthung des Beckens bildet. Der Kohlenkalk tritt nur in dem südlichen Theile dieses Beckens in einem äusserst schmalen Streifen zu Tage, der sich schlingenförmig um den Rand herum biegt; der ganze östliche Saum, welcher die Vorberge der Alleghanies bildet, ist vielfach verworfen und zerrissen, so dass die Kohlenlager sogar oft überstürzt sind. Nach Westen zu dagegen liegen die Schichten immer mehr horizontal oder wenigstens nur sehr schwach von der silurischen Erhebung Kentuckys abfallend. Mit dieser Umänderung der Schichtenlagerung hält auch die Veränderung der Steinkohle gleichen Schritt. Im Westen des Beckens finden sich nämlich fette Steinkohlen, die bei der Annäherung an die Alleghanies stets magerer werden und endlich ganz in der Nähe des Gebirges in förmlichen Anthracit übergehen. Eine Umänderung, welche darauf hinzudeuten scheint, dass sie durch die Hebung des Gebirges selbst bewirkt worden sei.

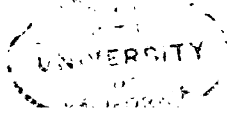
Das Becken von Illinois, dessen grosse Axe 360 englische Meilen lang ist, während die kurze Axe über 100 englische Meilen hält, nimmt eine Fläche von ungefähr 50 000 Quadratmeilen ein. Das Thal des Mississippi bildet seine westliche Grenze fast in seiner ganzen Länge. Dieses Becken wird durch fast horizontale Ablagerungen gebildet und enthält Lager von fetten Steinkohlen, die besonders in dem Ohiothale ausgebeutet werden. Es ist ebenso, wie das folgende, gänzlich von Kohlenkalk umsäumt.

Das dritte Becken ist das von Michigan, dessen Fläche 12 000 Quadratmeilen enthält; es wird von denselben Ablagerungen gebildet, wie die beiden vorigen, aber man kennt in demselben bis jetzt noch keine Kohlenflötze von einiger Wichtigkeit.

Ein viertes Becken findet sich in dem vorspringenden Theile von Neu-Braunschweig im Süden des St. Lorenzstromes, aufgelagert und eingeklemmt zwischen den granitischen Gebilden von Neu-Schottland und Neu-Braunschweig. Die dreieckige Gestalt dieses Beckens, dessen Schichten nach dem Meere hin einfallen, lässt es als den Flügel einer Mulde betrachten, deren grösster Theil unter dem Meere liegt und die, wie das Becken von Michigan, sehr arm an Steinkohlen erscheint.

Die Gesammtoberfläche der nordamerikanischen Kohlenbecken mag etwa 160 000 englische Quadratmeilen betragen, ihr Reichthum scheint wahrhaft unerschöpflich und die Ausbeutung um so leichter, als besonders die zwei grösseren Kohlenbecken bedeutende schiffbare Flüsse besitzen, an welche die Kohlenflötze unmittelbar herantreten. So besitzt das Apalachische Kohlenfeld drei grosse schiffbare Flüsse, den Monongahela, den Alleghani und den Ohio, in den die beiden ersteren münden, und überall sieht man in diesen Flussthälern an den Abhängen der Hügel und im Grunde der Thäler mächtige, zuweilen 10 Fuss dicke Lager von Kohlen hervortreten, die nicht einmal bergmännisch, sondern in Steinbrüchen ausgebeutet werden. Da das Fabrikwesen nur an einzelnen Centralpunkten entwickelt, der Boden mit Urwald an vielen Stellen bedeckt ist, so ist es ganz natürlich, dass die einzelnen Kohlenflötze noch nicht mit solcher Genauigkeit erforscht sind, wie in den Districten Europas, und dass mit dem Fortschreiten der Civilisation stets neue Hülfsquellen entdeckt werden müssen. Ein einziges Flötz, das sogenannte Pittsburger Flötz, welches an dem rechten Ufer des Ohio bei Pittsburg, 10 Fuss mächtig, zu Tage tritt, nimmt eine elliptische Fläche ein, deren Längendurchmesser 225, der Breitedurchmesser 100 englische Meilen beträgt, so dass man den Quadratinhalt auf 14 000 englische Meilen schätzt.

Die Lagerung und Natur der Gesteine ist dieselbe wie in den europäischen Kohlenfeldern. Der Kohlenkalk ist grau oder gelblich, in seinen oberen Theilen oft dolomitisch und deshalb reichlich mit Höhlen versehen. In den unteren Theilen finden sich viele Kieselconcretionen und ganz an der Basis Sandsteine und Conglomerate, die mit Thonschiefern wechseln und allmälig durch Aufnahme von Kalkknollen in die reinen Kalkschichten übergehen. Auf dem Kohlenkalke liegt der flötzleere, bald gröbere, bald feinere Sandstein, der nach oben hin mit Thonschiefern wechsellagert, zwischen welchen die Steinkohlenflötze eingeschlossen sind. Die Lager von Eisennieren sind weit weniger



häufig als in England und oft durch stark eisenhaltige dunkelbraunrothe Kalke ersetzt. Die Mächtigkeit des ganzen Kohlensystemes soll nach amerikanischen Berechnungen ungeheuer sein, die Zahl der Kohlenflötze im Verhältnisse aber nur gering.

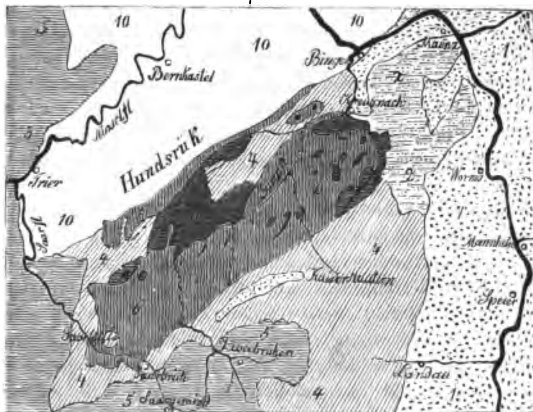
6. Binnenmulden.

§. 135. **Allgemeine Charaktere.** Wie schon oben bemerkt, fehlt in diesen Binnenmulden der Kohlenkalk oder der ihn vertretende Posidonienschiefer durchaus, so dass die Gesteinsfolge mit dem flötzleeren Sandsteine beginnt, der an seiner Basis gewöhnlich von mächtigen Conglomeraten gebildet wird, die aus der Zerstörung der unterliegenden Gesteine hervorgehen. Häufig liegen diese Binnenmulden unmittelbar auf den granitischen Gesteinen auf, während in anderen Fällen die Gesteinsfolge der silurischen und devonischen Systeme an ihrer Basis vollkommen entwickelt ist. Die Zusammenknickungen, Verwerfungen und Unregelmässigkeiten in der Lagerung sowie in der Erstreckung der Schichten kommen in diesen Becken weit häufiger vor als in den Marinebecken, so dass ihre Ausbeute stets mit grösseren bergmännischen Schwierigkeiten verbunden ist.

§. 136. **Pfälzisches Kohlenbecken. Zusammensetzung. An der Glan. An der Saar. Ausbeutung.** Die grösste Binnenmulde Deutschlands ist das pfälzische Kohlenbecken (Fig. 114), welches längs des südlichen Fusses des Hundsrücks in schief nordöstlicher Richtung zwischen Saarbrück und Kreuznach in einer Länge von 25 Stunden auf 5 bis 7 Stunden Breite sich hinzieht. Man verfolgt die nördliche Grenze dieses Beckens, die von einem schmalen Streifen flötzleeren Sandsteins gebildet wird, von dem Ufer der Bremse bei Wadern in gerader Linie über Nonnweiler, Birkenfeld, Herstein, Kirn, bis bei Spabrücken in der Nähe von Kreuznach. Oestlich erstrecken sich die Kohlenlager hauptsächlich längs der Ufer der Saar zwischen Saarlouis und Saarbrück, von wo aus die südliche Grenze ebenfalls in fast gerader Linie über Neunkirchen nach Kirchheim sich hinzieht; eine Linie von diesem letzteren Orte über Wonsheim nach Kreuznach fällt mit der östlichen Grenze dieses Beckens zusammen. Die Schichten ruhen augenscheinlich auf dem südlichen Abfalle des Hundsrücks auf, sind aber nach Süden hin von dem bunten Sand-

steine und dem Vogesensandsteine der Hardt gänzlich überdeckt, so dass es unmöglich ist, ihre weitere Erstreckung zu ver-

Fig. 114.



Karte des pfälzischen Kohlenbeckens.

Die angewandten Bezeichnungen sind die nämlichen, wie in der Karte des rheinischen Uebergangsgebirges

1 Aufgeschwemmtes Land. 2 Tertiärbecken von Mainz. 4 Vogesensandstein. 5 Trias. 6 Steinkohlengebirge. 10 Rheinisches Schiefergebirge. 11 Vulcanische Gebilde

folgen. Ausserdem finden sich noch Ablagerungen von Vogesensandstein im Inneren des Beckens, so namentlich eine bedeutende Erstreckung von dem Ufer der Nahe aus, welche über Kreuznach und Sobernheim bis gegen Oberstein und Baumholder hin vordringt und welcher von Westen her eine andere Einlagerung entgegenkommt, so dass die nördliche Grenze fast vollständig von der südlichen Hälfte des Beckens getrennt wird. Im Inneren selbst sind die Schichten vielfach gestört und zerrissen durch mächtige Durchbrüche von Porphyr und Melaphyr, die namentlich im Norden des Beckens bei Oberstein und Baumholder, sowie bei Kreuznach und Wonsheim sehr bedeutende Massen, sonst aber auch isolirte kleine Erhebungen in Menge bilden, so dass eine genaue geologische Karte dieses Beckens vollkommen gefleckt und getigert erscheint. Die Gesteinsfolge besteht meistens aus schieferigem Kohlensandstein, aus Puddingen und Conglomeraten, Schieferthonen und Alaunschiefern, zwischen welchen die Kohlenflötze eingeschlos-

sen sind. In dem östlichen Theile des Beckens finden sich nur sehr wenige Steinkohlen geringer Qualität. An den Ufern der Glan findet Ausbeute einer mageren trockenen Steinkohle statt, deren Flötze meist in gelbem oder schwärzlichem Süsswasser-Kalk eingeschlossen sind, der als Baumaterial in einer, sonst kalkarmen Gegend seinen Werth hat, so dass man die Flötze hauptsächlich nur zum Kalkbrennen ausbeutet. In diesen Kalksteinen finden sich häufig Eisenthonnieren, die meistens als Centrum ihrer Bildung ein Fischskelett einschliessen. Münster-Appel bei Kreuznach ist vorzugsweise in dieser Hinsicht als Fundort bekannt.

An den Ufern der Saar kennt man 103 bauwürdige Flötze, unter denen das mächtigste, Blücher genannt, von Saarbrück bis Neunkirchen fast ununterbrochen verfolgt werden kann. Die unteren Schichten werden, wie namentlich bei Lebach, von Schieferthonen gebildet, die oft ganze Lager von Eisennieren einschliessen, in welchen sich ebenso wie bei Münster-Appel die zahlreichsten Versteinerungen finden. An einigen Gegenden, wie bei Sulzbach und Duttweiler, stellen sich diese Thonschiefer als Alaunschiefer dar, deren Zersetzung an letztgenanntem Orte einen Brand in dem Gebirge verursachte, welcher Jahre lang anhielt. Die flötzleeren Schichten werden hauptsächlich von einem röthlichen Sandsteine gebildet, der oft schwer von dem Vogesensandsteine zu unterscheiden ist, der vielfach ihn überlagert. Die Ausbeutung dieses reichen Kohlenbeckens hat mit mancherlei Schwierigkeiten zu kämpfen, da auf der deutschen Seite die Leichtigkeit der Communication auf dem Rheine den Ruhrkohlen den Vorrang sichert und nach Frankreich hin die Ausfuhr bis jetzt einestheils durch staatliche Verhältnisse, anderentheils durch die Schwierigrigkeit der Communicationen erschwert wird. Nichtsdestoweniger werden ganz Elsass und Lothringen und überhaupt die Umgebungen der Vogesen und der Hardt aus diesen reichen Districten mit Steinkohlen versehen, deren Verbrauch mit der Abholzung der Wälder und der Entwickelung der Eisenbahnen und der Industrie stets mehr und mehr zunimmt.

§. 137. **In Sachsen. Am Erzgebirge. Bei Zwickau. Bei Hainichen. Bei Potschappel.** Weiter nach Westen hin finden wir in Sachsen, in der langen von Südwest nach Nordost orientirten Mulde, die sich zwischen dem Erzgebirge und dem sächsischen Mittelgebirge hinzieht, verschiedene Fetzen von Kohlengebilden, welche südlich bei Zwickau an dem Ende der Mulde zu-

erst hervortreten, dann zwischen dem Dorfe Borna, nördlich von Chemnitz, längs des Nordrandes der Mulde einen vielfach unterbrochenen Zug bilden, der sich bis nach Frankenberg hin erstreckt, und endlich in einem bedeutenderen Becken auftauchen, das in der Umgegend von Hainichen und Pappendorf ausgebreitet ist. Man hat in diesen verschiedenen Kohlenlagern zwei Formationen unterscheiden wollen, je nachdem eine innigere Verbindung in der Lagerung, sei es mit den älteren Uebergangsgebilden, auf denen sie ruhen, sei es mit dem überdeckenden Rothliegenden des permischen Systemes, nachgewiesen werden konnte. Es geht aber gewiss aus der Gliederung des ganzen Gebirges hervor, dass hier nur locale Verhältnisse obwalteten, und dass das Ganze einem einzigen der Steinkohlenzeit angehörigen Zuge zuzutheilen ist. Bei Zwickau findet sich ein kleines länglichrundes, an den Enden zusammengedrücktes Becken, welches von der Mulde durchbrochen wird und das in seiner grössten Länge dreiviertel Stunden, in der grössten Breite eine viertel Stunde zeigt. Die Schichten fallen nur sehr flach mit 10 bis 15 Grad gegen Norden und Nordwesten ein, wo sie von den Ablagerungen des Rothliegenden überdeckt werden, und zeigen im Ganzen eine sehr regelmässige Lagerung. Der Schieferthon ist das vorherrschende Gestein, der Kohlensandstein findet sich hauptsächlich nur an der Basis und zeigt öfters eine schieferige Beschaffenheit und einen grossen Reichthum an Glimmer; an einigen Orten findet man Conglomerate, die offenbar aus zerstörten Thonschiefern und Grauwacken der unterliegenden älteren Schichten bestehen. Eisennieren sind ziemlich häufig, auch Brandschiefer sind nicht selten. Durch vielfache Selbstentzündung von Eisenkiesen sind bedeutende Brände in den Gebirgen entstanden, die sogar Einsenkungen und Brüche der überliegenden Schichten veranlasst haben. Man hat an einzelnen Orten bis zu acht Kohlenflötze gefunden, die eine totale Mächtigkeit von 60 bis 80 Fuss besitzen, während die Zwischenlager von Schieferthon und Sandstein bis zu 400 Fuss Mächtigkeit anwachsen mögen. Besonders ausgebeutet werden diejenigen Flötze, welche sogenannte Pechkohlen liefern.

Die Hainicher Mulde, die wir noch besonders erwähnen, indem sie die Nordspitze der ganzen Bildung ausmacht, erstreckt sich von Gossberg bis nach Berthelsdorf in einer Länge von anderthalb Meilen und einer Breite von einer halben Meile; ihre Basis wird von einem Conglomerate gebildet, von dunkler, meist grauer oder schwarzer Farbe, das aus verschiedenen Bruchstü-

cken des Schiefergebirges zusammengesetzt ist, die durch fein. zermalmte schieferige Massen wieder zusammengebacken sind. Ueber diesen Conglomeraten entwickelt sich allmälig ein graulichweisser, feinkörniger, weicher Sandstein, der die Kohlenflötze, in Schieferthon eingeschlossen, enthält. Die Mächtigkeit des sehr unregelmässig aufgeschütteten Conglomerates soll an einzelnen Orten bis zu 2000 Fuss betragen, während man den Sandstein und Schieferthon auf etwa 1000 Fuss Mächtigkeit anschlagen kann. Das Ganze scheint eine Mulde zu bilden, die gegen Südwesten nach Hainichen zu geöffnet ist, und deren weitere, in ihrem Zusammenhange verdeckte Flügel bei Frankenberg und Borna, so wie bei Gükkelsberg hervortreten. Der Sandstein nimmt nur einen sehr geringen Raum in der Umgegend von Hainichen ein, wo ein einziges Kohlenwerk sich findet, auf dem man drei Flötze einer mageren unreinen Schieferkohle abbaut, die hauptsächlich nur zum Kalkbrennen verwendet wird.

An dem Nordrande des Erzgebirges tritt zwischen Dresden und Tharant das Kohlengebirge in einem kleinen Becken bei Potschappel und Düben hervor. Dieses Becken, dessen Länge etwa von Nordwest nach Südost orientirt ist, beträgt in dieser grössten Erstreckung etwa 21000 Fuss, und hat nur durch seine Lagerung in der Nähe von Dresden und an dem nördlichen Abhange des Erzgebirges einiges Interesse. Die Fortsetzung der Steinkohlenschichten bis an den Rand der Gneissschichten des Erzgebirges ist zwar durch Bohrversuche und bergmännische Arbeiten nachgewiesen, aber durch das Rothliegende verdeckt, so dass sie nicht zu Tage tritt. Die Gesteine bestehen aus Conglomeraten von Porphyr an der Basis, wodurch sowie durch die Lagerung nachgewiesen ist, dass das Steinkohlengebirge jünger als der Porphyr in der Gegend von Wilsdruf ist. Ueber diesen Conglomeraten lagern Sandsteine, Schieferthone und Thonsteine, zuweilen mit untergeordneten Schichten von dolomitischem Kalk und Hornstein. Man kennt drei Hauptflötze, von welchen das grösste hier und da bis zu 20 Ellen Mächtigkeit haben soll, und vor den übrigen besonders ausgebeutet wird. Dieses Flötz liefert im Durchschnitte eine unreine Kohle, unter welcher nur 8 bis 10 Procent als Schmiedekohle ausgebeutet werden können, während die übrigen nur zum Kalkbrennen verwendbar sind; nichtsdestoweniger hat dieses kleine Becken für den nördlichen und östlichen Theil von Sachsen eine eben so grosse Bedeutung wie das Becken bei Zwickau für den südwestlichen.

In Böhmen. Von ganz besonderer Wichtigkeit sind die Steinkohlenmulden Böhmens, das nächst Belgien das am reichsten ausgestattete Land des Continentes bildet. Man kann hier zwei verschiedene Formationen unterscheiden. Im Inneren des früher beschriebenen silurischen Beckens finden sich in einzelnen Depressionen getrennte Kohlenmulden bei Pilsen, Radnitz, Zebrak, Beraun und Manetin, welche zwischen die silurischen Schichten gleichsam eingeklemmt erscheinen und von denen das Becken bei Pilsen das bedeutendste ist. Dann aber erstreckt sich an dem Nordrande des silurischen Beckens eine sehr bedeutende Kohlenbildung, deren südliche Grenze von Rabenstein über Rakonitz nach Buschtiehrad, die östliche längs der Prager-Dresdener-Eisenbahn und der Moldau bis gen Melnik hinzieht und die im Norden gegen die Eger hin von den Kreidebildungen des sächsisch-böhmischen Beckens überdeckt wird. Allen diesen Ablagerungen fehlt der Kohlenkalk; sie scheinen aber zum Theil sehr reich an bauwürdigen Kohlen. §. 138.

Am Schwarzwalde. Im südwestlichen Deutschland kennen wir nur einige sehr unbedeutende Flecken von Kohlenschichten, welche hier und da in der Umgebung des Schwarzwaldes meistens auf dem Granit und Gneiss selbst auflagernd sich vorfinden. Solche unbedeutende Flecken, deren Ausdehnung meist kaum ermittelt ist, finden sich in der Nähe von Baden im Kinzigthale bei Zunzweiler und weiter im Süden mehre vor, haben indess keine grosse industrielle Bedeutung erlangt, sondern sind nur local wichtig. Es entsprechen ihnen einzelne kleine Ablagerungen an den Vogesen, wie z. B. bei Ronchamps, so dass es nicht unwahrscheinlich wird, dass Schwarzwald und Vogesen von einem Kranze von Kohlengebilden umgeben waren, die indessen nur in wenigen Fetzen erhalten sind. §. 139.

In Frankreich. Im Umkreise des Centralplateaus der Auvergne. Blanzin und le Creusot. In der Bretagne. Im Inneren von Frankreich finden sich, namentlich im Umkreise des granitischen Centralkernes der Auvergne, eine Menge einzelner Becken, die augenscheinlich auf den granitischen Gebilden selbst häufig ohne Zwischenlagerung aufruhen und die erste, freilich höchst unzusammenhängende Zone geschichteter Gesteine bilden, welche sich um diesen granitischen Kern in stets weiter werdenden Kreisen herumschlingen. Die bedeu- §. 140.

tendsten Becken dieser Art sind dasjenige von Autun im Nordwesten des Centralkernes, das von St. Etienne und Rive-de-Gier, sowie dasjenige von Alais, das eine mehr im Norden, das andere im Süden an der westlichen Grenze; dann längs dem südlichen Rande das Becken von Rhodes und am östlichen dasjenige von Brives. Ausserdem finden sich noch auf der Oberfläche des granitischen Centralkernes eine grosse Menge kleinerer Becken und Flecken, die hauptsächlich längs einer von Nord nach Süd sich richtenden Linie zwischen Louvigny und Plé in einzelnen Vertiefungen abgelagert sind. Alle diese kleinen Becken sind eben so wie diejenigen des Randes vielfach zusammengedrückt und offenbar aus sumpfigen Wäldern und Torflagern entstanden, die zur Kohlenzeit das inselartig hervorragende Plateau der Auvergne bedeckten. Ebenso finden sich an der Halbinsel der Bretagne, namentlich an dem südlichen Rande bei Vouvant und Chateau, nur einige kleine Flecken von Steinkohlengebilden, sowie mehre Einlagerungen von Anthraciten in und unter den devonischen Gebilden, deren genaue geologische Stellung noch nicht hinlänglich aufgeklärt ist, von denen aber einige, wie z. B. die Anthracite und Kalke von Sablé sicher zu der Steinkohlenformation gehören.

§. 141. **Becken von St. Etienne und Rive-de-Gier. Uebrige Binnenmulden.** Das bedeutendste unter allen Binnenbecken Frankreichs ist dasjenige von St. Etienne und Rive-de-Gier, das südlich von Lyon auf dem rechten Ufer der Rhone, zwischen dieser und der Loire in einer Gneissinsel eingeklemmt ist. Es hat 46000 Meter Länge und 13000 Meter Breite an seinem breitesten Ende und bildet ein längliches Dreieck, dessen Basis der Loire, die Spitze der Rhone zugekehrt ist. Es ruht unmittelbar auf den Gneissschichten auf, die etwa in der Mitte des Beckens eine Erhebung zu bilden scheinen, so dass das Becken durch Hügel flötzleeren Sandsteines querdurch in zwei ungleiche Hälften getheilt ist, von welchen diejenige von St. Etienne die grössere ist. Die Basis des Beckens wird von groben Grundconglomeraten gebildet, die aus Fragmenten von Gneiss zusammengebacken sind und nach oben in feinkörnigeren Sandstein übergehen, der die Hauptmasse des Zwischengesteins zusammensetzt, in dem schieferige Gesteine im Ganzen selten sind. An einigen Stellen des Beckens, wie in den Gruben von Treuil und von Cros finden sich Schichten nierenförmiger Eisenerze, in den meisten anderen Gruben sind die Kohlenflötze unmittelbar in die

Sandsteine eingelagert. Die Schichten selbst sind im Ganzen muldenförmig gebogen und fallen von beiden Seiten synklinal gegen die Mitte der Mulde ein, und zwar mit weit steilerer Neigung im Süden des Beckens als im Norden. Indess ist diese allgemeine Richtung durch die mannigfaltigsten Sprünge und Verwerfungen auf das vielfachste gestört worden, so dass viele Unregelmässigkeiten auch in der Lagerung und dem Verhalten der Kohlenflötze erzeugt worden sind, die zuweilen plötzlich anschwellen, zuweilen wieder sich ausbreiten. Die mächtigste Schicht, die bekannt ist, hat etwa $3\frac{1}{2}$ Meter Dicke und das Becken im Ganzen etwa 750 Meter Mächtigkeit, von denen man, wenn alle Lager zusammengezogen werden, 59 Meter Steinkohle rechnen kann. Indessen ist die Zahl dieser Steinkohlenflötze sehr unsicher, eben wegen der vielen Verwerfungen, und ausserdem sind nicht alle Flötze bauwürdig, sondern nur einige liefern eine vortreffliche fette Kohle, die durch die Leichtigkeit der Ausführung mittelst der Rhone und Saone ein wesentlicher Hebel der französischen Industrie geworden ist

Bei den übrigen Binnenmulden Frankreichs wiederholen sich mehr oder minder dieselben Verhältnisse, und die hauptsächlichsten Unterschiede werden durch Ueberlagerung jüngerer Formationen erzeugt oder auch durch Durchbrüche feuerflüssiger Gesteine. So wird das Becken von Autun grösstentheils von Porphyren eingefasst und auf der östlichen Seite von Trias und Juragebilden vielfach überdeckt. Das Becken von Blanzy und le Creuzot lässt nur an seinen auf Granit auflagernden Rändern die Kohlenschichten zu Tage gehen, ist aber sonst gänzlich von der Trias überdeckt, während dasjenige des Gard auf seiner ganzen Ostgrenze von jurassischen Gesteinen überlagert wird. Es würde zu weit führen, wollten wir auf diese Verhältnisse wie auf diejenigen der übrigen Länder Europas näher eingehen.

Anthracitformation der Alpen. Zusammensetzung. Untere Zone. Obere Zone. Erstreckung der unteren Zone. Erstreckung der oberen Zone. Verbindung mit Lias. Petit-Coeur. Folgerungen. Einer besonderen Erwähnung verdient nur noch die Anthracitformation der Alpen, die sich in der ganzen Erstreckung dieses Gebirgszuges von der Maurienne und der Tarentaise her bis nach Steyermark verfolgen lässt. Die Gesteine, welche diese Formation zusammensetzen, bestehen meist aus Puddingen und Conglomeraten jeder Art, schwarzen, oft rauhen Thonschiefern, aus krystallinischen Schie- §. 142.

fern, namentlich aus Glimmer- und Talkschiefern, aus glimmerigen, schieferigen Sandsteinen, welche theils gänzlich von Anthracit durchdrungen sind oder diese Substanz auch in einzelnen Schichten und Nestern enthalten, die an einzelnen Stellen eine ziemlich bedeutende Ausbeute gestatten. Man kann nach der Lagerung vielleicht zwei Zonen in dieser Anthracitformation unterscheiden. In der Tarentaise bei Petit-Coeur und dem Col des Encombres zeigt sich unmittelbar dem Talkschiefer aufgelagert zuerst eine untere Anthracitzone aus schwarzen Dachschiefern und Sandsteinen mit Anthracitnestern und Pflanzenabdrücken, welche, wie überhaupt in der Anthracitformation, vollkommen mit denen der ächten Steinkohlenschichten übereinstimmen. Die Schichten sind ausserordentlich steil geneigt, und mit ihnen in übereinstimmender Lagerung liegen thonige schwarze Kalkschiefer, die höchst merkwürdiger Weise Belemniten, Stielstücke von Pentacrinus und Ammoniten enthalten, welche unzweifelhaft dem Lias angehören. Auf diese Liasschiefer folgt wieder in gleicher Lagerung eine obere Anthracitzone und auf diese wieder Liasschiefer, so dass in einem Abstande weniger Klafter ein doppelter Wechsel von Liasschiefer und Kohlenschiefer stattfindet. Die obere Anthracitzone ist weit mächtiger als die untere, hat meistens an ihrer Basis ein kalkiges grünes Conglomerat mit Quarziten, das Verrucano genannt wird, lässt sich weit durch die ganze Tarentaise verfolgen und wird besonders bei Peychagnard schwunghaft ausgebeutet.

Die untere Anthracitzone setzt sich von Petit-Coeur über Beaufort und Meyère durch das Thal der Arve über Servoz zu beiden Seiten der Aiguilles rouges gegen die Rhone hin fort und verschwindet am Fusse der Dent de Morcles unter dem alpinischen Jura. Sie ist namentlich auf dem Gipfel der Aiguilles rouges selbst, am Col de Balme, am Trient und auf Foully-Alp mächtig entwickelt.

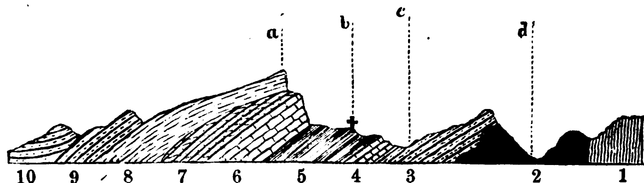
Die obere Anthracitzone streift durch das Aostathal über St. Maurice und Sitten, durch die Thäler von Bagne, Erin, Anniviers und Hermence, zeigt sich in Spuren nach langer Unterbrechung bei Engelberg am Tödi und Bifertengrat und tritt dann wieder auf der Stangalp zwischen Kärnthen, Salzburg und Steiermark hervor.

Merkwürdig ist auf dieser ganzen Erstreckung die innige Verbindung der beiden Zonen mit Liasschiefern, die oft genau

dieselbe Lagerung haben und zuweilen die Anthracitschichten so einfassen, dass man nothwendig sie als eine gleichzeitige Einlagerung betrachten müsste, wenn man nur einzelne Localitäten in das Auge fasste. So sieht man bei Petit-Coeur, wo an einer steilen Wand die Kohlenschichten aufgeschlossen sind, eine doppelte Wechsellagerung zwischen Belemnitenschiefern und Kohlen, so dass eine Schichtengruppe von Belemnitenschiefern zwischen zwei Lagern von Anthracitgesteinen eingeklemmt ist, und das obere Anthracitlager wieder von Belemnitenschichten eingeschlossen wird.

Auf diese Verhältnisse gestützt, nahmen viele Beobachter an, dass die Vegetation der Kohlenzeit sich in den Alpen bis in die Liasperiode erhalten habe. Vergleicht man aber die Lagerung an anderen Orten, so findet man häufig eine abweichende Lagerung, die sogar schon in der Nähe von Petit-Coeur, bei Bons, Dauphin, Bourg l'Oison und La Mure hervortritt; an ersteren Orten sind die Anthracitgesteine zwischen steilen Gneisslagen mit übereinstimmender Lagerung eingeklemmt, während die Liasschiefer horizontal auf den Schichtenköpfen aufliegen und bei La Mure stehen, wie das beifolgende Profil zeigt (Fig. 115), die

Fig. 115.



Durchschnitt der Westalpen bei La Mure.

a Vercors. *b* Gresse. *c* Drac. *d* La Mure.
1 Gneiss. 2 Anthracitschiefer. 3 Liasschiefer. 4 Unter Oolith. 5 Oxfordschiefer. 6 Coralrag. 7 Néocomien. 8 Rudistenkalk. 9 Gault. 10 Molasse.

Anthracitschiefer ebenfalls senkrecht, während die übrigen geschichteten Gesteine in abweichender Lagerung auf ihnen ruhen.

Es geht hieraus wohl unzweifelhaft hervor, dass an denjenigen Orten, wo, wie bei Petit-Coeur, die Lagerung eine gleichzeitige Bildung von Lias- und Anthracitschichten annehmen lassen könnte, eine noch unaufgeklärte Anomalie in der Lagerung herrscht,

dass aber die Orte, wo widersinnige Lagerung zwischen beiden Gebilden Platz greift, mehr normale Verhältnisse darstellen.

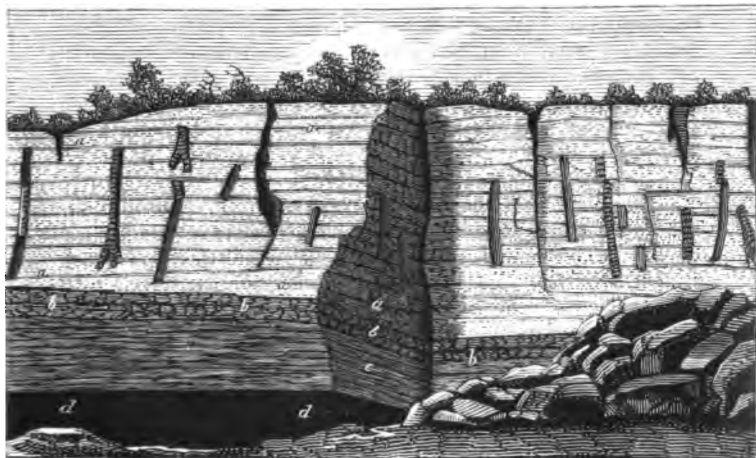
§. 143. **Entstehung der Steinkohle. Pflanzen in der Kohle, im Thonschiefer, im Sandsteine.** Die ungeheuren Massen von Brennstoff, welche in den Flötzen der Steinkohlenformation abgelagert sind, können nur aus der Umwandlung von Pflanzensubstanz hervorgegangen sein.

Meist lässt sich in der Kohle, wenn sie auch noch so sehr verändert ist, unter dem Mikroskope die zellige Structur der Substanz erkennen, oft sogar mit solcher Sicherheit, dass man die einzelnen Steinkohlenbecken je nach den Pflanzen charakterisiren könnte, welche das meiste Material dazu geliefert haben. Die bedeutendste Ausbeute an fossilen Pflanzenresten liefern aber die Thonschiefer, welche meistens die Steinkohlenflötze einfassen und häufig selbst mit ihnen wechsellagern. Auf den Klüften dieser Thonschiefer finden sich oft die feinsten Abdrücke von Blättern, Aesten, Früchten und anderen weichen Theilen, die mit allen Einzelnheiten ihrer Structur und ihrer äusseren Form auf das vollkommenste abgegossen sind. Offenbar bildeten sich demnach die Thonschiefer als feine Schlammabsätze, welche die Blätter, die von den Bäumen herabfielen, so wie diejenigen Pflanzen, die längs dem Boden vegetirten, einhüllten, und bei der Eintrocknung ihren Abguss bewahrten. In den Sandsteinen der Kohlenformation finden sich ebenfalls häufig Pflanzenreste vor, meist aber sind es Stämme, die in verkieseltem Zustande erhalten sind und deshalb zwar die innere Structur auf das Schönste zeigen, nicht aber die äusseren Formen, da dieselben gewöhnlich durch das rauhe Material verwischt und unkenntlich geworden sind. Aus diesen verschiedenen Elementen kann man demnach mit ziemlicher Sicherheit die Vegetation bestimmen, welche zur Zeit der Steinkohlenperiode herrschte, die hauptsächlich aus Farrenkräutern, baumartigen Farren und ähnlichen kryptogamischen Gewächsen bestand, die ein feuchtes und zugleich warmes Klima verlangten. Da die meisten Stämme, welche Pflanzen dieser Art angehören, nur ein weiches Mark besitzen, so sind sie entweder ausserordentlich zusammengedrückt oder auch im Inneren mit Schiefer- und Sandsteinmassen angefüllt, die offenbar nach dem Absterben der Stämme und dem Ausfaulen des Markes in das Innere drangen. Diese Verhältnisse, sowie die häufigen Wechsellagerungen von Kohlen, Sandsteinen und Thonschiefern weisen ohne Zweifel darauf hin, dass weite mit Vegetation bedeckte

Strecken bestanden, welche häufig von Ueberschwemmungen heimgesucht und mit Sand- und Lehmmassen überführt wurden, die sich dann zu Schiefern und Sandsteinen verhärteten.

Keine Flösse. Man hat bei einigen, namentlich inneren kleinen Binnenmulden annehmen wollen, dass gewaltige Flösse und Ansammlungen von Treibholz die Steinkohlenlager gebildet hätten. Abgesehen von der Schwierigkeit, die man hat, solche Ansammlungen ihrer Masse nach aus Flössen entstehen zu lassen, welche ganz ungeheure Dimensionen gehabt haben müssten, sprechen auch dagegen die fossilen Baumstämme, welche man an vielen Orten, wie z. B. in der Mine Treuil bei St. Etienne (Fig. 116), §. 144.

Fig. 116.



Kohlenmine Treuil bei St. Etienne mit aufrecht stehenden fossilen Baumstämmen.
a Sandstein. *b* Eisennierenlager. *c* Schieferthon. *d* Steinkohle.

bei Mons, bei Hainichen, in Wales und Newcastle gefunden hat. Alle diese Baumstämme stehen senkrecht auf den Schichtflächen auf, finden sich also offenbar in derjenigen Stellung, in welcher sie wuchsen. Sie durchsetzen meist mehre Sandsteinschichten, so dass man sieht, wie sie während der Bildungszeit dieser letzteren noch lange fort vegetirten, bis sie endlich vollkommen verschüttet wurden.

§. 145. **Vegetation der Steinkohlenzeit.** Die allgemeine Meinung ist jetzt dahin festgestellt, dass die Steinkohlenvegetation ähnlich derjenigen war, welche man jetzt noch in den flachen Gegenden südlicherer Zonen findet, so dass die Flachländer und Marschen in der Umgegend des Mexikanischen Meerbusens und an den Ufern der grossen südamerikanischen Flüsse ein Bild dieser Vegetation geben können. Die Natur vieler in den Steinkohlenflötzen gefundenen Pflanzen deutet auf den schwammigen Moorboden hin, in dem sie wucherten, und die Farrenkräuter, welche mehr als $^9/_{10}$ der Pflanzenabdrücke in den Schieferthonen bilden, zeigen, dass das Klima ein warmes, feuchtes und ziemlich beständiges Klima gewesen sein müsse. Die Hauptmasse der Steinkohlenschichten wurde deshalb durch eine fortwährende Morastvegetation gebildet, welche unserer Torfvegetation den physikalischen Verhältnissen nach ähnlich war und von Pflanzen gebildet wurde, die im Schatten von baumartigen Farrenkräutern und ähnlichen hochstämmigen Pflanzen an dem Boden wucherten und durch häufig wiederkehrende Ueberschwemmungen und Senkungen unter dem Wasserspiegel von erdigen und sandigen Ablagerungen überführt wurden.

§. 146. **Chemischer Process der Umwandlung.** Die allmälige Umwandlung der Holzsubstanz in ächte Steinkohle und Anthracit lässt sich bei der Vergleichung der chemischen Zusammensetzung der verschiedenen fossilen Brennstoffe nachweisen. Die Braunkohlen, welche hauptsächlich in den jüngeren tertiären Ablagerungen vorkommen, zeigen eine langsame Verbrennung, welche indess mehr den Kohlenstoff des Holzes als den Wasserstoff betrifft, so dass die Braunkohlen im Verhältniss mehr Wasserstoff enthalten als das ursprüngliche Holz. Durch diese langsame Verbrennung wird Kohlensäure und Wasser gebildet, und in der That findet man auch in den Braunkohlenbergwerken, dass die dort entwickelten Gase hauptsächlich aus Kohlensäure bestehen. Sobald diese Zersetzung bis auf einen gewissen Grad fortgeschritten ist, so wandelt sich die Braunkohle allmälig dadurch in Steinkohle um, dass der überschüssige Wasserstoff sich mit Kohlenstoff zu Kohlenwasserstoffgasen verbindet, welche die bekannten schlagenden Wetter (*grisou*) und alle jene entzündbaren Gase bilden, die in den Kohlenbergwerken zuweilen so entsetzliche Verheerungen anrichten, indem sie, mit Sauerstoff gemengt, ein explodirendes Gas bilden. Diese Bildung von Kohlenwasserstoff ist sicher darauf begründet, dass der zur Verbrennung nö-

thige Sauerstoff durch die Ueberlagerung der Gebilde, welche die Kohlenflötze einschliessen, von der Einwirkung auf die Kohle abgeschnitten ist und eine Verbrennung somit nicht stattfinden kann. Die fortschreitende Bildung von Kohlenwasserstoff führt endlich die Steinkohle in ähnlicher Weise, wie die trockene Destillation in geschlossenen Gefässen, in Coke und Anthracit, d. h. in fast reinen Kohlenstoff über.

Verhältniss des aufgehäuften Brennstoffs zu Holz, zu einem Walde. Es geht schon aus dem Angeführten hervor, dass die, durch die Vegetation gebildeten Holzmassen eine bedeutende Verringerung und Verdichtung erfahren mussten, um in Steinkohlen umgewandelt zu werden. Die auf andere Thatsachen gegründete Berechnung liefert dasselbe Resultat. §. 147.

Das specifische Gewicht der Steinkohle beträgt im Mittel 1,30; derjenige des gewöhnlichen Brennholzes im Durchschnitte 0,70. Wenn demnach ein gegebenes Gewicht Brennholz bis zu Steinkohlen verdichtet würde, so würden 130 Pfund Holz nur 70 Pfund Steinkohle geben, oder 1 Theil Holz würde ergeben 0,5385 Steinkohle.

Die Steinkohle enthält im Mittel nach Regnault's Analyse 85 Procent Kohlenstoff, das grüne Brennholz enthält nur 36 Procent Kohlenstoff; ein gegebenes Gewicht Holz, das ohne Kohlenstoffverlust in Steinkohle verwandelt würde, müsste demnach im Verhältniss von $1 : \frac{36}{85}$ oder $1 : 0{,}4235$ reducirt werden.

Eine Schicht Holz ohne Zwischenräume, die man in Steinkohlen verwandeln wollte, würde demnach im Verhältniss von $1 : 0{,}5385 \times 0{,}4235$ abnehmen, mithin nur 0,2280 Steinkohle geben.

Es hält schwer, den Holzgehalt eines Waldes im Mittel zu bestimmen. In den Ardennen liefert eine Hectare Stangenwald, der 25 Jahre alt ist, im Durchschnitt 180 Klafter (*stères*) Holz, wenn er gänzlich abgehauen wird. Das Gewicht eines jeden Stère ist im Durchschnitt 530 Kilogramme. Eine Hectare Wald wiegt also 95400 Kilogramme und würde, bei einem mittleren specifischen Gewichte von 0,70, im Ganzen 84,86 Cubikmeter Holz geben, was, auf der ganzen Oberfläche der Hectare ausgebreitet, eine ununterbrochene Schicht ohne Zwischenräume von 0,008486 Mächtigkeit geben würde.

Nach den oben angeführten Grundzahlen würde diese Schicht Holz einer Steinkohlenschicht von $0{,}008486 \times 0{,}2280 = 0{,}001935$

Meter gleich sein, oder in ungefähren Resultaten ausgedrückt: Ein Stangenwald von 25 Jahren würde eine Schicht von etwa 2 Millimeter Steinkohle geben.

Ein Hochwald enthält höchstens dreimal mehr Holz als ein wohl besetzter Stangenwald von 25 Jahren, und man kann deshalb füglich annehmen, dass ein Hochwald eine Steinkohlenschicht von 6 Millimeter vorstelle, und der dickste Hochwald würde schwerlich einer Steinkohlenschicht von gleichem Flächeninhalte und einem Centimeter (10 Millimeter) Mächtigkeit gleichkommen.

Die Oberfläche der Steinkohlenbecken in Frankreich beträgt $1/_{214}$ der Oberfläche des ganzen Königreichs. Ein Hochwald, der sich über ganz Frankreich erstreckte, würde nicht so viel Kohlenstoff enthalten, als eine einzige Schicht von 2 Meter Mächtigkeit, die sich durch alle Kohlenbecken erstreckte.

Die in den Kohlenbecken niedergelegte Menge vegetabilischen Stoffes ist demnach ungeheuer, um so ungeheurer, als es unbestreitbar Schichten giebt, die eine Mächtigkeit von mehren Metern haben; ja im Becken von Aveyron eine solche von 30 Meter existirt.

§. 148. **Versteinerungen.** Als charakteristische Versteinerungen nennen wir:

Calamites Suckowi, undulatus, nodosus, cannaeformis (Fig. 117); *Annularia fertilis* (Fig. 118), *longifolia*; *Asterophyllum equisetiforme; Sphenophyllum Schlotheimi, emarginatum, annulatum; Neuropteris cordata, gigantea, tenuifolia, rotundifolia, ovata* (Fig. 119); *Odontopteris minor, Brandi, Schlotheimi* (Fig. 120), *Cyclopteris orbicularis; Sphenopteris spinosa, elegans, Schlotheimi; Pecopteris Plukeneti, Bioti, truncata* (Fig. 121); *Protopteris Sternbergi; Sigillaria* (Fig. 122), *spinulosa, rhomboidea, Graeseri, elegans; Stigmaria ficoides* (Fig. 123); *Lepidodendron* (Fig. 124), *obovatum, caudatum, crenatum, elegans; Fusulina cylindrica* (Fig. 125); *Chaetetes radians* (Fig. 126); *Syringopora ramulosa; Lithodendron (Diphyphyllum) fasciculatum; Amplexus coralloides; Poteriocrinus crassus; Platycrinus laevis, triacontadactylus; Actinocrinus laevis; Pentremites florealis, sulcatus* (Fig. 127, 128, 129, 130 und 131); *Palaeocidaris (Echinocrinus) rossica, Nerei; Retepora (Polypora) retiformis; Orbicula nitida; Terebratula sacculus (hastata); Spirifer (Spirigera) Roissyi; Spirifer (Spirigera, Terebratula) ambiguus; Spirifer bisulcatus, Sowerbyi, striatus; Orthis Michelini; Leptaena (Strophomena) depressa, pecten; Chonetes papilionacea; Productus granulosus, punctatus, Fle-*

mingi, giganteus; Posidonomya Becheri (Fig. 132); *Pinna flabelliformis*; *Arca (Cucullaea) arguta*; *Edmondia (Isocardia) oblonga; Conocardium (Cardium) hibernicum*; *Cardinia (Unio) acuta; Cypricardia rhombea; Helcion (Patella) sinuosus; Bellerophon hiulcus; Capu-*

Fig. 117.



Fig 118.



Fig. 122.

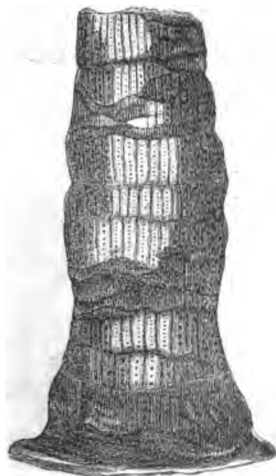


Fig. 119.

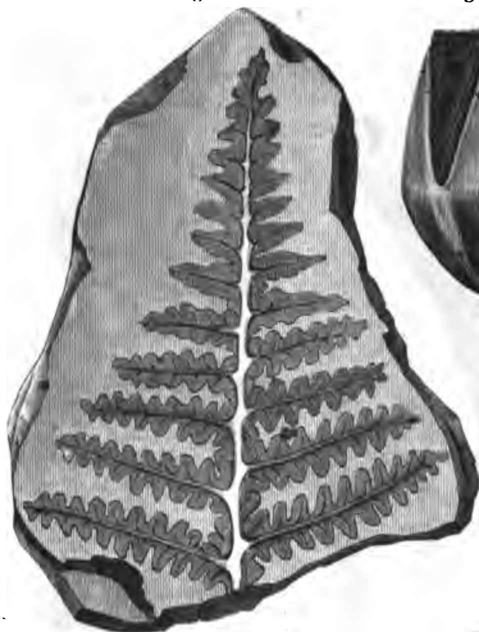


Fig. 127.



Fig. 120.

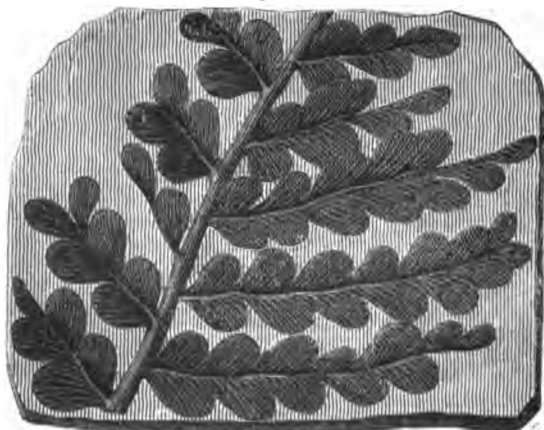


Fig. 121.



Fig. 128.

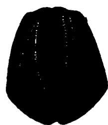


Fig. 129.

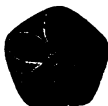


Fig. 130.

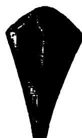


Fig. 131.

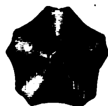
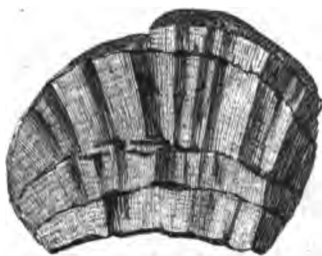


Fig. 132.



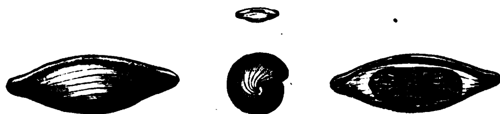
Fig. 126.



lus (*Pileopsis*) *vetustus; Pleurotomaria gemmulifera* (*radula*), *carinata; Euomphalus Dionysii*, *pentangulatus; Goniatites Listeri*,

Fig. 134. Fig. 123. Fig. 135.

Fig. 125.



sphaericus, *diadema; Nautilus subsulcatus*, *tuberculatus; Orthoceras laterale; Cypridina Edwardsiana*; *Cythere Phillipsiana; Phil-*

lipsia globiceps, *pustulata*; *Cyclophthalmus Bucklandi* (Fig. 133), *Bellinurus rotundus* (Fig. 134); *Gampsonyx fimbriatus* (Fig. 135); *Orodus cinctus*; *Cochliodus contortus* (Fig. 136); *Cladodus margi-*

Fig. 133.

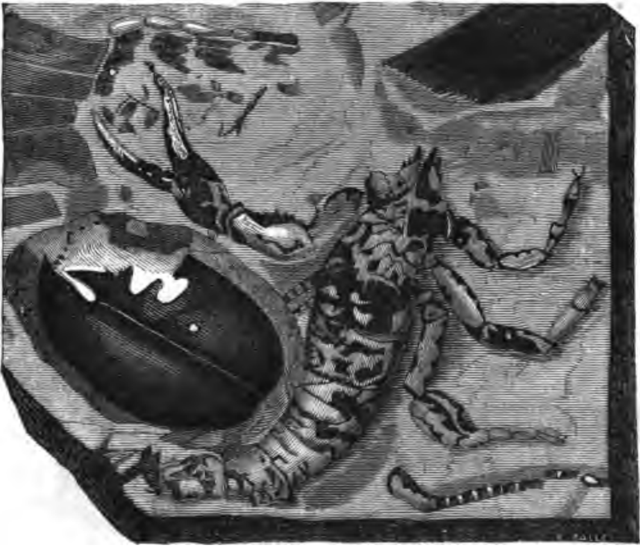
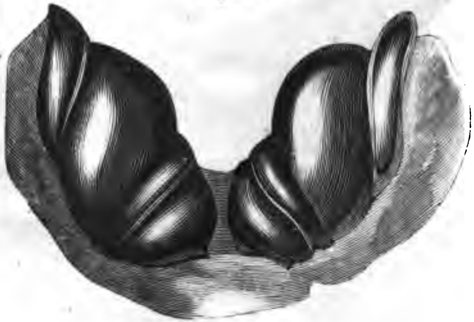


Fig. 124.



Fig. 136.



natus; Aconthodes Bronni; *Amblypterus macropterus* (Fig. 137); *Palaeoniscus Duvernoy* (Fig. 138), *Blainvillei; Megalichthys Hibberti; Archegosaurus Decheni* (Fig. 139).

Fig. 137.

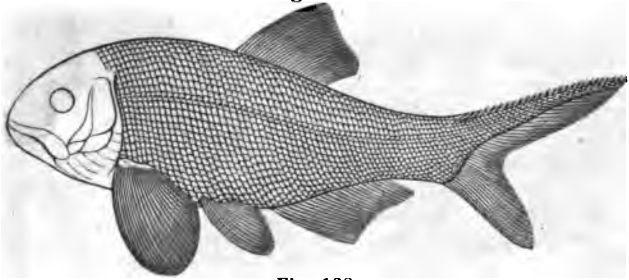


Fig. 138.

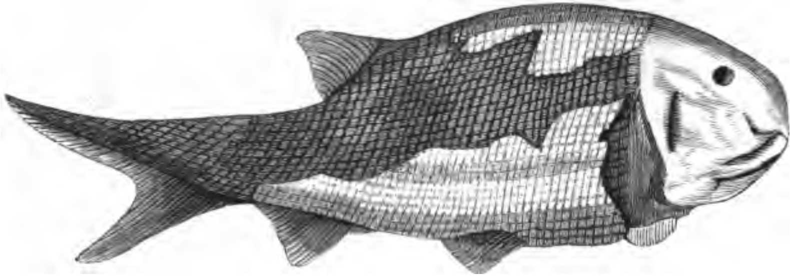
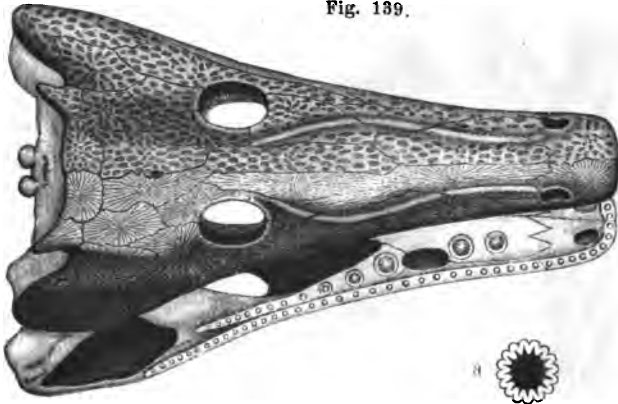


Fig. 139.



4. Das permische System.

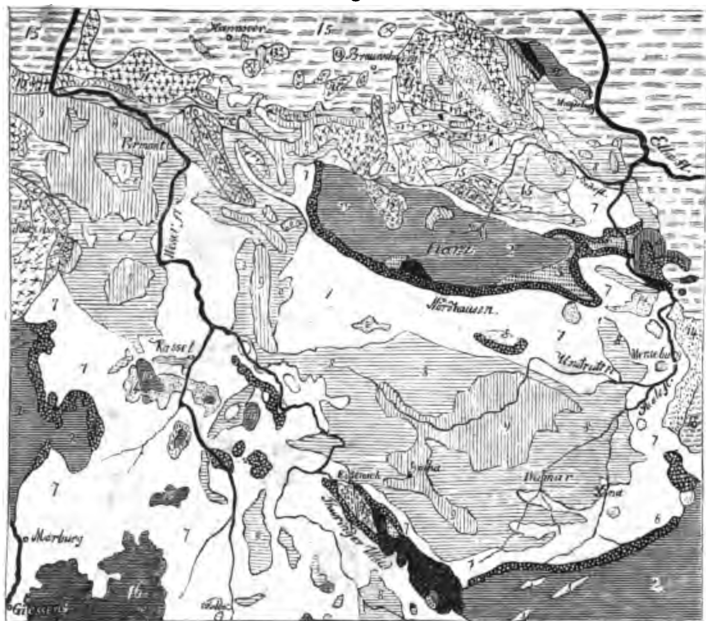
(Penäisches System; *Système pénéen*; *Magnesian limestone.*)

(Rothes Todtliegendes; Kupferschiefer; Zechstein; Vogesensandstein).

In Deutschland. Rothliegendes. Am Harze. Am Thüringerwalde. Am Erzgebirge. In Süddeutschland. §. 149. In Deutschland tritt dieses System besonders in dem norddeutschen Hügellande zwischen Erzgebirg, Harz und Thüringerwald hervor (Fig. 140 und 141).

Es besteht aus einer Reihenfolge der mannigfaltigsten Glieder, die von unten nach oben in folgender Reihe sich zeigen. An der Basis finden wir das Rothliegende (Rothe Todtliegende) meist als unmittelbare Decke der Kohlenformation und oft mit dieser, wie schon bemerkt, so innig verbunden, dass noch jetzt viele Geologen Deutschlands das Rothliegende eher dem Kohlensystem zugesellen, um so mehr, als in seinen tieferen Schichten auch häufig Kohlenflötze, wenn gleich meist von geringer Bedeutung sich finden und die in denselben vorkommenden Pflanzen sich innig an diejenigen des Kohlensystemes anschliessen. Das Rothliegende besteht meist aus braunrothen, gröberen Conglomeraten, die bald mehr gerollt, bald mehr eckig erscheinen und häufig nach oben in feinkörnigen Sandstein mit thonigem Bindemittel übergehen. Die Conglomerate sind gewöhnlich aus Bruchstücken der unterliegenden krystallinischen Gesteine, sowie aus Porphyrmassen gebildet, welche überhaupt in so mannigfaltiger Weise mit dem Rothliegenden wechsellagern, dass die Porphyre häufig nicht als eruptive Gesteine, sondern als Glieder des Rothliegenden betrachtet wurden. Offenbar fanden während der ganzen Zeit der Ablagerung des Rothliegenden beständig Porphyrdurchbrüche statt, die sich vielfach mit dem ablagernden Rothliegenden in ähnlicher Weise mengten, als die Diabas-Durchbrüche im devonischen System mit dem Kalkschlamme des Schalsteines. Die braunrothe Farbe, die fast überall charakteristisch ist, rührt von Eisen her, das überhaupt in dem Rothliegenden bedeutend verbreitet ist und in dem thonigen Bindemittel oft so zunimmt, dass man Zwischenlagerungen von rothen Letten oder blutrothen Röthelschiefern findet. Die unbedeutenden Ablagerungen unreiner Kohlen am Rande des Thüringerwaldes bei Winterstein, Ilmenau, am Gehren, Kleinschmalkalden, sowie diejenigen von Ilfeld an dem südöstlichen Harzrande, gehören sicher wohl dem Rothliegenden an, während an vielen

Fig. 140.

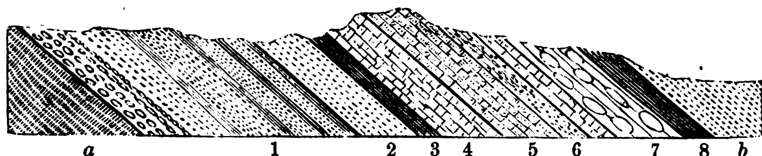


Karte des Harzes und Thüringerwaldes.

1. Granit.	2. Grauwacke.	3. Uebergangskalk.	4. Kohlengebirge.	5. Rothliegendes.
6. Zechstein.	7. Bunter Sandstein.	8. Muschelkalk.	9. Keuper.	10. Lias.
11. Oolith.	12. Quadersandstein.	13. Kreide.	14. Tertiär.	15. Schuttland.

16. Vulcanische Gebilde. 17. Porphyr.

Fig. 141.



Idealer Durchschnitt des permischen Systemes in Norddeutschland.
a Kohlensandstein. 1 Rothes Todtliegendes. 2 Weisses Todtliegendes. 3 Kupferschiefer. 4 Zechstein. 5 Rauchwacke. 6 Asche. 7 Schlottengyps mit Stinkkalk. 8 Mergel. *b* Bunter Sandstein.

übrigen Stellen, wo man das Rothliegende als kohlenführend betrachtete, jetzt eine abweichende Lagerung zwischen ihm und dem Steinkohlengebilde beobachtet ist. Wir finden diese Conglomeratbildung hauptsächlich an dem Südrande des Harzes, wo es um die östliche Ecke dieses Gebirges bei Ilefeld eine hakenförmige Umlagerung bildet, und sich weiter nach Osten auf die rechte Seite der Saale über das Kohlengebiet von Wettin und Löbejün bei Halle fortsetzt. Kleine Erhebungsinseln des Rothliegenden treten dann auch in der thüringischen Triasmulde in der Gegend von Frankenhausen und Rossleben auf und weisen darauf hin, dass dieses Gebilde, wenn auch nicht zu Tage kommend, dennoch diese Triasmulde in ihrer ganzen Erstreckung unterteuft und einfasst. Deshalb sehen wir auch das Rothliegende in sehr bedeutender Erstreckung im ganzen Umkreise des Thüringerwaldes, wo es überall um die krystallinischen eruptiven Kerne dieses Gebirges sich herumschlingt und zwischen sie eindringt, so dass man wohl sagen kann, sämmtliche Grenzen und Buchten der krystallinischen Gesteine am Thüringerwalde seien von Rothliegendem erfüllt, das weiterhin vom Zechstein und den Triasgebilden überdeckt wird. So findet man ein bedeutendes Gebiet von Rothliegendem an dem Nordwestrande zwischen Eisenach und Schweina, ferner in der Mitte des Thüringerwaldes eine grosse, häufig von Porphyren durchbrochene Strecke, zwischen den beiden Hauptkernen des Gebirges, deren unregelmässige Grenzen etwa durch eine Linie von Schmerbuch nach Georgenthal, Zella und Klein-

schmalkalden umschrieben werden. Ferner finden sich an dem Südostrande mehr oder minder zusammenhängende Flecken bei Ilmenau, am Gehren und in der Gegend von Schleusingen.

Ein zweites bedeutendes Gebiet von Rothliegendem beginnt in der Nähe von Gera und zieht sich über Crimmitzschau und Glauchau im Norden, Zwickau und Hartenstein im Süden, in die Mulde zwischen dem Erzgebirge und dem sächsischen Mittelgebirge fort, die es bis in die Gegend von Hainichen fast vollständig ausfüllt, so dass Chemnitz, Lichtenstein und sämmtliches Land zwischen diesen beiden Städten von dem Rothliegenden gebildet ist. An dem Nordostrande des Erzgebirges tritt dann aufs Neue das Rothliegende zwischen Dresden und Tharand in bedeutender Erstreckung hervor, man findet es dann erst wieder in einzelnen Flecken im Inneren Böhmens an dem südlichen Fusse des Riesengebirges.

In Süddeutschland fehlt das Rothliegende durchaus, mit Ausnahme einzelner unbedeutender Flecken, wovon der grösste wohl zwischen Darmstadt und Langen ausgebildet ist. Dann findet man es noch an der Bergstrasse, in der Nähe von Heidelberg, an einzelnen Flecken im Schwarzwalde und in den Vogesen in der Gegend von St. Dié und Girogmagny. An anderen Orten, wo man das Vorkommen dieser Bildung noch behauptet hat, mag sie wohl mit Conglomeraten und Sandsteinen anderer Formationen verwechselt worden sein.

§. 150. **Weissliegendes.** Unmittelbar auf dem Rothliegenden lagert das Weissliegende (2 auf dem Durchschnitte); wenig mächtige, meist feinkörnige Schichten eines weissgrauen Sandsteines mit thonigem Bindemittel, in welchem oft einzelne Kalkknollen und selbst untergeordnete Kalkschichten oder Mergel, Schiefer, Gyps, Erdpech eingelagert sind. Es haben diese Schichten keine grosse Beständigkeit, fehlen häufig und können als eine meist nur locale Abänderung des Rothliegenden betrachtet werden, so dass das permische System im Ganzen aus zwei Gliedern bestände, einem unteren mit Landpflanzen (Rothliegendes) und einem oberen, der Zechsteinformation, die aus vielen Stockwerken zusammengesetzt erscheint.

§. 151. **Zechsteinformation. Kupferschiefer. Zechstein. Rauchwacke. Dolomit. Gyps.** Die Kupferschiefer (3 auf dem Durchschnitte), womit die Zechsteinformation beginnt, lagern unmittelbar auf dem Weiss- oder Rothliegenden auf und

finden sich, trotzdem dass ihre Mächtigkeit höchstens 3 Meter beträgt, in äusserst beständiger Weise entwickelt. Sie sind besonders deshalb wichtig, weil sie 2 bis 4, zuweilen selbst 18 Proc. Kupfererz enthalten, so dass sie überall einen sehr bedeutenden und ergiebigen Bergbau an das Licht rufen. Diese Kupferschiefer bestehen aus einem schwarzen, sehr bituminösen Mergelschiefer, der oft so von Erdöl durchdrungen ist, dass er als unreines Brennmaterial oder auch zur Darstellung von Asphalt benutzt wird. Die oberen Lager der Kupferschiefer, das Dachflötz, sind gewöhnlich glimmer- und erdpechhaltig, aber arm an Kupfererz.

Ueber dem Schiefer ist eine bedeutende Zone kalkiger Gesteine entwickelt, an deren Basis der dichte, etwas bituminöse Zechstein abgelagert ist, ein thoniger, grauer Kalkstein von meist rauchgrauer Farbe, erdigem oder flachmuscheligem Bruche, der meist Thonzellen, zuweilen auch Quarzsplitter enthält. Nach oben hin geht er in eine mannigfaltige Gesteinsfolge dolomitischer Kalke über, in Rauchwacke von oolitischer oder zelliger Structur, rauchbrauner oder grauer Farbe, deren Höhlungen gewöhnlich mit pulverförmigem, zersetztem Dolomit ausgefüllt sind. Ueber der Rauchwacke liegt die Asche, ein fast gänzlich pulverischer dolomitischer Kalk, der allmälig in einen bituminösen, meist verworren geschichteten Dolomit übergeht, welcher Lager von Anhydrit, Gyps und Steinsalz enthält, die an vielen Orten Salzquellen liefern und bei Gera, Artern und Stassfurt durch Bohrversuche aufgeschlossen worden sind. Durch das Auswaschen der Steinsalzmassen sind in dem Gypsgebirge Höhlungen, sogenannte Schlotten, entwickelt, die häufig Trichter und Seen bilden und diesem Gypszuge des permischen Systemes einen ganz eigenthümlichen Charakter aufdrücken. In dem Zechsteine finden sich häufig noch als Einlagerungen stockförmige Massen von Spatheisenstein, Gänge von Kupfer, Kobalt und Silber; in dem Gypsgebirge Massen von Eisenoxydhydrat, die indess meist nicht bauwürdig sind. Als letztes Glied des permischen Systemes findet sich meist über dem Gypse graublauer Mergel oder Letten mit Gyps- oder Dolomitknollen.

Verbreitung der Zechsteingruppe. Am rheinischen Schiefergebirge. In Hessen. Am Thüringerwalde. Am Harz. Die in dieser Gestalt ausgebildete Formation findet sich hauptsächlich nur in Norddeutschland und zwar überall nur in schmalen Streifen, die entweder auf dem Todtliegenden oder auf älteren Gebilden der Gebirgszüge auflagern und unmittelbar von §. 152.

den Triasschichten überdeckt sind. Man findet den Zechstein am weitesten nach Westen in der Umgebung des rheinischen Schiefergebirges, wo ein fest zusammenhängender Zug von Stadtberge über Korbach, Waldeck bis nach Wetter sich hinzieht, und einzelne Flecken noch im Süden des Vogelgebirges und am Nordrande des Spessart zwischen Hanau und Aschaffenburg sich zeigen. Bei weiterem Verfolgen nach Osten findet man dann den Zechstein in Hessen in einzelnen Flecken bei Richelsdorf und Allendorf, wo er durch seine stark aufgerichteten Schichten erhobene Faltungen der Gesteine andeutet, die noch in der Richtung des Thüringerwaldes streichen; so dass man wohl annehmen kann, dass ein ununterbrochener Zug von Zechstein über Korbach, Eschwege und Richelsdorf bis zur Spitze des Thüringerwaldes bei Eisenach sich fortzieht, dass aber der Zusammenhang dieses Zuges durch die übergelagerten Triasgebilde verdeckt ist. Das Thüringerwaldgebirge ist auf beiden Seiten von einem schmalen Streifen von Zechstein eingefasst. Die südliche Grenze zieht sich von Wartha an Markeuhl vorbei über Schweina, Schmalkalden, Benshausen bis nach Schleusingen; das weit schmalere Nordband von Eisenach im Süden an Ohrdruf vorbei nach Ilmenau. Von hieraus verfolgt man nun den Zug, der die Nordgrenze des Grauwackengebietes vom Fichtelgebirge einfasst und ununterbrochen von Königsee über Blankenburg, Saalfeld, Pösneck, Neustadt etc. nach Gera sich fortzieht; eine kleine, diesem Zuge angehörige, Insel findet sich bei Rudolstadt, und weitere, seine östliche aber verdeckte Fortsetzung andeutende Flecken bei Crimmitzschau, Lahndorf und Altenburg. Ein gewaltiger Zug, in welchem besonders die Kupferschiefer und die Gypsgebilde entwickelt sind, schlingt sich um den ganzen Harz an dem Südrande umher und bildet um die östliche Ecke dieses Gebirges einen schlingenartigen Haken. Hier verfolgt man die Zechsteinformation wallartig von Seesen an bis in die Gegend von Ermsleben, und bei Eisleben findet man, dass sie einen grossen Bogen in das Triasbecken von Thüringen hineinsendet, der bis Frankenhausen reicht und noch weitere Inseln im Süden von Artern erkennen lässt. Die weissen Gypshügel, welche in der Erstreckung dieser ganzen Länge vor dem Harze sich hinziehen, geben diesem Gebirge von der Südseite her eine ganz eigenthümliche Physiognomie. Combinirt man alle diese Erstreckungen zusammen, so sieht man, dass der Zechstein eine weite Mulde bildet, die an das rheinische Schiefergebirge, den Thüringerwald, das Fichtelgebirge, das sächsische Mittelgebirge und den Harz sich

anlehnt, aber nur in ihren Ausläufern und mit den aufgerichteten Rändern zu Tage kommt, sonst aber von übergelagerten Gebilden verdeckt wird.

In England. In England (siehe die Karte, Fig. 110) gleichen die Charaktere des permischen Systemes den deutschen Bildungen. An der Basis finden sich dunkelrothe, grobkörnige Sandsteine, rothe Mergel, Thon und Röthelschiefer zuweilen mit untergeordneten Lagern von Eisenstein und mit vielfachen Porphyrdurchbrüchen, die dem Todtliegenden entsprechen. Hierauf folgen bituminöse Mergelschiefer, aber ohne Kupfererz, dagegen dieselben Fischabdrücke wie im Mansfeldischen enthaltend. Endlich folgt als Krönung des Systemes der Zechstein (*magnesian limestone*), in der Tiefe compact und erdig, wohlgeschichtet und darüber alle jene mannigfaltigen Bildungen von Rauchwacke, Asche, Stinkstein, Höhlendolomit, Gyps, Mergel und Letten, nur kein Steinsalz, und eine Menge von Versteinerungen in dem Zechstein, die ganz denen des deutschen Zechsteines entsprechen. §. 153.

In Russland. In Russland hat die Stadt Perm, die fast in dem Mittelpunkte eines ungeheuren Beckens liegt, dem ganzen Systeme den Namen gegeben. Dieses Becken erstreckt sich von der Kette des Ural- und der Timanberge bis nach Moskau hin, und bildet den grössten Theil der Bodenfläche des europäischen Russlands. Es lagert überall auf den Schichten des Kohlenkalkes auf, die wir oben beschrieben, ist nur in der Mitte von einem länglichen Streifen jurassischer Schichten überdeckt und sinkt südlich in der Gegend von Orenburg, Simbirsk und Wladimir unter die Schichten des Jura und der Kreide. Alle Schichten dieses Beckens liegen fast horizontal, doch mit geringer Neigung gegen die Mitte hin, so dass man auf einer Reise von Nowgorod nach Perm, wo man das Ausgehende der Schichten quer durchschneidet, stets jüngere Lager antrifft, aus denen auf weite Erstreckungen hin der Boden gebildet ist. Die Conglomerate des Rothliegenden fehlen, wie denn überhaupt die ganze Bildung des Beckens auf eine sehr ruhige, ungestörte Ablagerung hindeutet. An der Basis findet man plattenförmige kalkige Sandsteine mit mächtigen stockartigen Einlagerungen von Gyps, Kreidemergel, Dolomit und Rauchwacke, die Gypsmassen nähren Salz- und Asphaltquellen und sind häufig von Schwefel durchdrungen; die oberen Lagen sind aus grauen, dunkelfarbigen oder rothen Sandsteinen gebildet, welche einzelne Kohlenschmitzen, §. 154.

verkieste Baumstämme und im östlichen Theile des Beckens Mergelschiefer mit Kupfererz enthalten, die gegen den Ural hin stets reicher werden.

§. 155. **An den Vogesen und dem Schwarzwalde. Vogesensandstein.** Auf dem europäischen Continente fehlt das permische System mit Ausnahme der erwähnten Localitäten durchaus, und scheint nur noch in den Vogesen und dem Schwarzwalde ein zweifelhaftes Glied einzuschliessen, welches den oberen Dolomiten und den rothen Sandsteinen Russlands entsprechen dürfte. Das Todtliegende ist dort, wie schon angeführt, nur in einzelnen Flecken entwickelt. Auf ihm findet sich aber ein meist lebhaft ziegelrother, bisweilen grüner Sandstein mit feinem, eckigem Korne, thonigem Bindemittel und Zwischenlagerungen von Röthelschiefern und rothen Mergeln, der sogenannte Vogesensandstein, der durch seine Lagerung sich bedeutend von dem bunten Sandstein, welcher ebenfalls in den Vogesen entwickelt ist, unterscheidet. Es bildet nämlich dieser Vogesensandstein tiefere Partien, die offenbar von dem später abgelagerten bunten Sandstein durch Verwerfungsspalten getrennt sind. In dieser Weise bildet er die Umgebung des pfälzischen Kohlenbeckens auf der ganzen West- und Südseite, sowie eine isolirte Einlagerung im Norden dieses Beckens, die von Bingen, Kreuznach bis Baumholder reicht; die Südgrenze setzt sich durch die Hardt hindurch fort und läuft gegen das Rheinthal hin über Türkheim, Neustadt, Bergzabern, Weissenburg, wo dann das Band sich bedeutend verschmälert und von Pfalzburg und Maurenmünster aus auf den westlichen Abhang des Massifs der Belchen übertritt, wo es sich nach Epinal und Remiremont verfolgen lässt. Im Schwarzwalde beobachtet man eine ähnliche Ablagerung, die bei Kuppenheim und Liebezell beginnend, über Freudenstadt, Schramberg und Fehrenbach sich bis gegen Waldshut hin verfolgen lässt. Es ist noch zweifelhaft, ob dieser Vogesensandstein, der keine Versteinerungen enthält, als Glied der permischen oder als unterer Theil des bunten Sandsteines angesehen werden müsse.

§. 156. Charakteristische Versteinerungen des permischen Systemes: *Coscinium dubium*; *Cyathophyllum profundum*; *Cidaris Keyserlingi*; *Ceratophytes* (*Fenestrella*) *retiformis*; *Terebratula* (*Spirigera*) *pectinifera*; *Terebratula* (*Rhynchonella*) *Geinitziana*; *Productus horridus* (Fig. 142); *Productus Cancrini*; *Modiola Pallasi* (Fig. 143); *Avicula* (*Gervillia*) *ceratophaga*, *Avicula antiqua* (Fig. 144); *Arca antiqua* (Fig. 145); *Lyonsia dubia* (*Schizodus Schlotheimi*); *Ortho-*

ceras Geinitzi; Nautilus Freieslebeni; Dictaea striata (*Acrodus larva*) (Fig. 146); *Palaeoniscus Freieslebeni; Platysomus gibbus* (Fig. 147); *Pygopterus Humboldti.*

Fig. 142.





Fig. 143.





Fig. 145.





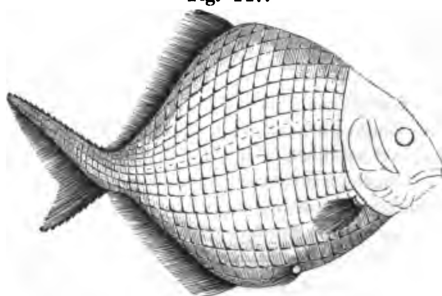
Fig. 146.



Fig. 144.



Fig. 147.



6. Die Trias.

Groupe triasique; triasisches System; das Salzgebirge; (*terrain salifère; Conchylien* und *Salifèrien*).

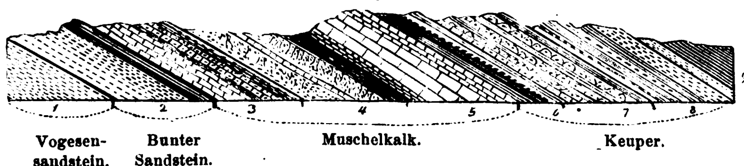
Gliederung. In Deutschland hat man allgemein diese §. 157.
Gruppe in drei Abtheilungen getheilt: Buntsandstein, Muschelkalk

und Keuper, zu welchen in der neuesten Zeit noch eine vierte, vornehmlich in den Alpen entwickelte Formation, die Schichtengruppe von St. Cassian hinzugekommen ist. In Frankreich hat man zwei Abtheilungen in neuerer Zeit beliebt, von welchen die eine mit dem Namen Conchylien den Buntsandstein und Muschelkalk, die andere, Salifèrien, den Keuper und St. Cassian begreift. Die Versteinerungen scheinen eine solche Trennung allerdings zu rechtfertigen, während die Lagerungsverhältnisse, namentlich in Deutschland, der Art sind, dass man die alte Abtheilung in drei Gruppen durchaus festhalten muss. Der Name Salifèrien ist indess um so unglücklicher gewählt, als gerade die so bedeutenden Steinsalzlager Deutschlands sich durchaus nicht in dem Keuper, sondern vielmehr in dem Muschelkalke finden.

Der bunte Sandstein.

(*Grès bigarré*; *New red sandstone; Variegated sandstone*).

Fig. 148.



Schichtenfolge der Trias in Würtemberg.
1 Vogesensandstein. 2 Bunter Sandstein. 3 Wellenkalk. 4 Anhydritgruppe. 5 Muschelkalk von Friedrichshall. 6 Lettenkohle. 7 Keupermergel. 8 Keupersandstein. 9 Lias.

158. **Charakteristik.** Der bunte Sandstein (2) zeigt gewöhnlich eine dunkelrothe Farbe, die von dem eisenhaltigen thonigen Bindemittel herrührt. Das Korn ist meist sehr fein, krystallinisch, und die einzelnen oft sehr mächtigen Schichten sind gewöhnlich durch Thonlager von einander geschieden. In den unteren Lagern, wo der bunte Sandstein an vielen Orten von dem Vogesensandstein sich nicht trennen lässt, wird das Korn meist gröber, das Bindemittel oft kieselig, während zugleich der Thon sich in einzelnen Gallen und Nieren ausscheidet. Diese kieseligen dunkelrothen mittelkörnigen Sandsteine geben jenes vortreffliche Baumaterial ab, aus welchem die Dome zu beiden Seiten des Rheines erbaut sind. In den oberen Lagern werden die Sandsteine gewöhnlich thoniger, die Schichten dünner, schieferiger, und zuletzt gehen sie in Sandschiefer und graue oder grüne geschich-

tete Thone und Schieferletten über, die meist vielen Schwerspath, Glimmer, zuweilen auch einige Gypsschnüre enthalten, und an einigen Orten schwachen Salzsolen Ursprung geben. In dem nördlichen Deutschland ist die Ausbildung des bunten Sandsteines nicht ganz der eben beschriebenen gleich, die von Süddeutschland entnommen wurde. Man findet hier meistens unmittelbar auf dem Zechstein Schieferletten und Thone mit kalkigen Zwischenlagern, grobkörnigen Oolithen, Hornkalken, Rogensteinen, die mit Kalksandsteinen und sehr glimmerigen, plattenförmig abgesonderten Sandsteinen wechseln. Erst dann folgt der eigentliche Buntsandstein, der nach oben wieder in bunten Schieferthon und Mergel übergeht, welcher gewöhnlich unmittelbar dem Muschelkalke als Unterlage dient.

Verbreitung. Am rheinischen Schiefergebirge. Am Spessart und Odenwald. Am Thüringerwalde. Am Fichtelgebirge. In Sachsen. In Westphalen. Am Harze. Am Schwarzwalde. An den Vogesen. Inseln auf dem rheinischen Schiefergebirge. Der bunte Sandstein ist hauptsächlich im westlichen Mitteldeutschland entwickelt. Seine Schichten bilden, im Ganzen betrachtet, zwischen dem rheinischen Schiefergebirge, dem Harze, dem Thüringerwalde und dem Erzgebirge eine weite Mulde, welche in ihrem Inneren den Muschelkalk und den Keuper empfängt und bedeutende Ausläufer nördlich in die Weserkette, auf den Nordrand des Harzes bis gegen Osnabrück, Hannover und Magdeburg hin sendet. Südlich setzt sich dieses zusammenhängende Sandsteingebiet einerseits längs des Randes des Fichtelgebirges bis über Baireuth nach Kemnat und andererseits durch Hessen und Franken, den Spessart und grösstentheils den Odenwald bis gegen Heidelberg hin fort. Ein zweites, zwar durch den Rhein unterbrochenes Gebiet umgiebt mantelförmig die Berge am Oberrhein, so dass der Haardtwald gänzlich, die Vogesen und der Schwarzwald grösstentheils von diesem Gesteine gebildet sind. Verfolgt man die Grenzen des bunten Sandsteines, so findet man ihn zuerst von Marburg an über Korbach, Waldeck, Gmünden, Frankenberg, Battenberg und Wetter an dem Rande des rheinischen Grauwackenplateaus, an das er theils unmittelbar, theils von einem schmalen Saume von Zechstein, wie z. B. bei Korbach und Waldeck, getrennt anstösst. (Siehe die Karte des Harzes und Thüringerwaldes, Fig. 140, S. 166.) Von Marburg aus erstreckt er sich in zungenförmiger Einklemmung zwischen Schiefergebirg und Vogelsberg im Süden §. 159

hinab bis gegen Giessen (Fig. 149), umgiebt dann fast vollständig den Vogelsberg namentlich auf der nördlichen, östlichen und süd-

Fig. 149.

Trias zu beiden Seiten des Oberrheins.

lichen Seite, und füllt das ganze Land zwischen diesem Gebirge und dem Neckar bei Heidelberg an. Der Spessart ist grösstentheils, der Odenwald auf seinem östlichen Abhange von ihm gebildet, so dass man die Grenzen der Erstreckung von Gelnhausen und Meerholz über Sulzbach, Waldmichelbach bis nach Heidelberg und Wisloch verfolgt. Der Lauf des Neckars zwischen Mosbach und Heidelberg ist gänzlich in dem bunten Sandstein

ausgegraben. Von hier verfolgt man die Grenze des Gebietes über Waldüren, Hertheim und Bischofsheim in der Weise, dass stets die bedeutenderen Flussthäler, wie dasjenige der Saale, der Tauber und des Maines in dem bunten Sandsteine ausgegraben sind, während die Zwischenlagerungen und die Höhen von Muschelkalk gekrönt sind. Eine Linie von Werthheim nach Waldorf im Norden von Meiningen gezogen, die anfangs dem Laufe der Saale folgt, giebt nun etwa die östliche Grenze an, nach welcher der bunte Sandstein von dem auflagernden Muschelkalke überdeckt ist. Bei Waldorf trifft der Zug in der Nähe des Thüringerwaldes ein. Dieser ist nun gänzlich auf seiner Süd-, West- und Nordseite von buntem Sandstein eingefasst, auf oder an dem die Städte Schmalkalden, Marksuhl, Eisenach, Waltershausen liegen. Die nördliche Einfassung ist bedeutend schmäler als die südliche, welche über Schleusingen und Hildburghausen einen südlichen Ausläufer nach Baiern hinein, um den südlichen Fuss des Fichtelgebirges herumschickt, einen Ausläufer, der sich über Kronbach und Culmbach bis gegen Baireuth und Kemnat hin erstreckt. Das nördliche um den Thüringerwald geschlungene Band erweitert sich bedeutend an der Nordostspitze des Thüringerwaldes, zwischen Ilmenau und Stadt Ilm, und setzt sich dann längs des nördlichen Randes des Fichtelgebirges nach Sachsen hinein fort, so dass seine südlichen Grenzen etwa durch die Städte Königsee, Blankenburg, Saalfeld, Weida bezeichnet werden und man einzelne ausläuferartige Stellen von buntem Sandstein noch aus den überdeckenden Gebilden in der Umgegend von Altenburg hervorragen sieht. In mehr zusammenhängender Weise lässt sich dann die Nordgrenze des Gebietes von Zeitz aus an Eisenberg vorbei über Kahla nach Remda und Stadt Ilm verfolgen. Auch hier zeigt sich wieder die Erscheinung, dass die Wände der Flussthäler von zungenartigen Erstreckungen des bunten Sandsteins eingefasst sind. So lassen sich in dem Saalethale von Lobeda bis Dornburg und von Naumburg bis Merseburg mehr oder minder zusammenhängende Strecken von buntem Sandsteine verfolgen, die offenbar nur dadurch aufgeschlossen sind, dass die Flussthäler bis in eine gewisse Tiefe sich eingegraben haben. Geht man von dem rheinischen Schiefergebirge bei Korbach und Arolsen der Grenze des bunten Sandsteins nach, so finden wir ihn an der Weser bis Bodenwerder und in verschiedenen einzelnen inselartigen Hervorragungen bei Driburg und Pyrmont, Osnabrück und Ibbenbühren, dort aber meist überlagert von den jüngeren Gebilden der Trias und des

Jura. Halbinselartige Zungen strecken sich den Flussthälern entlang gegen das nordische Flachland von Hannover vor. Der Harz bildet gewissermaassen eine Insel im Buntsandsteingebiete, das hauptsächlich auf seinem südlichen Abhange in gewaltiger Breite entwickelt ist. Auch auf dem nördlichen Abhange finden sich Streifen rund um den Harz herum und an dem Westrande bedeutendere Massen, aus welchen die Zechstein- und Kohlenformation bei Halle hervortritt. Aus allen diesen Lagerungsverhältnissen geht hervor, dass der Boden der ganzen Gegend zwischen Odenwald, Fichtelgebirge, rheinischem Schiefergebirge, Harz und Thüringerwald von buntem Sandsteine gebildet ist, der theils von jüngeren Formationen überlagert, theils auch, namentlich in Hessen, von Basalten vielfach durchbrochen ist.

Wir erwähnten schon der südlichen Erstreckung des zusammenhängenden Bundsandsteingebietes, die bis Heidelberg und Wisloch sich verfolgen lässt, dann aber von Muschelkalk und Keuper zwischen Wisloch und Durlach bedeckt ist. Der Buntsandstein spielt aber noch die bedeutendste Rolle in der Zusammensetzung des Schwarzwaldes und der Vogesen. In ersterem tritt er wieder bei Durlach auf und lässt sich nun dem Thale der Nagold entlang von Pforzheim bis Nagold, dann über Freudenstadt nach Schramberg, Willingen, Hüfingen und Waldshut auf der ganzen Ostgrenze des granitischen Kernes des Schwarzwaldes verfolgen. Am Süd- und Ostrande finden wir mehr oder minder zusammenhängende Flecken, bei Sickingen, Schopfheim, Ettenheim, Lahr und Baden-Baden, so dass der ganze Granitkern des Schwarzwaldes von einem mehr oder minder zusammenhängenden Mantel bunten Sandsteines umgeben ist, der indess auf der Rheinseite nur höchst unvollständig ausgebildet erscheint, an dem Südrande aber an einigen Stellen, wie bei Laufenburg, noch über den Rhein herüber ins Schweizerische sich erstreckt. Auf dem linken Rheinufer finden wir den bunten Sandstein am Rande des pfälzischen Kohlenbeckens bei Saarbrück, Homburg, Zweibrücken und Pirmasens, und verfolgen ihn nun in schmalem Bande über Pfalzburg, Saarburg bis nach Epinal, wo er ebenfalls auf dem Westabhange des krystallinischen Kernes der Vogesen angekommen ist, den er nun in weiter Erstreckung umgiebt, so dass Montereaux, Plombières, Luxeuil auf buntem Sandstein erbaut sind. An dem steilen, dem Rhein zugekehrten Absturze der Vogesen finden wir einzelne Flecken bunten Sandsteines bei Ruffach, Norheim, Wasselone. Von dem Westrande des pfälzischen Kohlenbeckens bei Merzig und Saar-

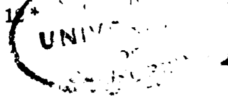
burg aus verfolgt man dann den bunten Sandstein über Trier und Wittlich bis gegen Hillesheim und findet eine Menge einzelner Ablagerungen, die hier und da wie bei Malmedy, Stadt-Kyll und Münstereifel einzelne Ablagerungen auf den devonischen Gebilden herstellen und Reste eines Busens gewesen zu sein scheinen, welcher sich zur Zeit des Absatzes des bunten Sandsteines in das inselartige Gebiet des Schiefergebirges zwischen Hundsrück und Ardennen hinein erstreckte.

Aeussere Erscheinung. Der bunte Sandstein bildet in §. 160
solchen Gegenden, wo keine bedeutenden Hebungen stattgefunden haben, im Allgemeinen wellenförmige niedrige Hügelreihen, die eine nur spärliche Vegetation haben und von breit ausgewaschenen Thälern durchzogen sind. In den Gebirgen aber, wo starke Hebungen und Zerreissungen stattgefunden haben, bildet er breite Rücken, die von tiefen Längsthälern mit steilen Wänden durchschnitten sind, an welchen die festeren Sandsteinschichten wie Friesse über die stärker verwitternden Thonlager hervorstehen. Das Malerische solcher tief eingerissenen Felsthäler mit nackten Wänden wird meistens noch durch die Farbe derselben erhöht, welche angenehm. gegen das Grün der Buchenwälder absticht, die namentlich auf diesem Boden gern gedeihen. Die technische Nutzbarkeit des Buntsandsteins beschränkt sich fast ganz auf seine Verwendung als Baustein. Seine Verbreitung in ausserdeutschen Ländern ist nur gering und die Formation dort in ihrem Verhalten nicht abweichend von den beschriebenen Verhältnissen.

Der Muschelkalk.

(*Calcaire coquillier;* rauchgrauer Kalkstein; *Conchylien*).

Zusammensetzung. Anhydritgruppe. Hauptmuschelkalk. Man kann diese bedeutende Meeresformation, welche §. 161
von der Unzahl von Versteinerungen, die sie in einzelnen Schichten führt, ihren Namen erhalten hat, in zwei Hauptgruppen trennen, nämlich: die untere Anhydritgruppe, welche in Deutschland besonders die Steinsalzlager enthält, und die obere Gruppe des sogenannten Hauptmuschelkalkes. In Würtemberg finden wir folgende Gesteinsreihe: als unterste Schicht der Anhydritgruppe unmittelbar auf den Schieferletten des Buntsandsteins dunkele Thone, dolomitische Mergel und schieferige Dolomite von Gyps durchzogen, die in dünngeschichtete, rauchgraue, ge-



wellte, dolomitische Kalke übergehen, die man ihrer runzelichen, oft mit Schlangenwülsten bedeckten Oberfläche wegen Wellenkalk (3 auf dem Durchschnitte, Fig. 148) genannt hat. Häufig ist der Wellenkalk von porösem Dolomit, Thon oder reinen Plattenkalken ersetzt; gewöhnlich findet man auf ihm das eigentliche Salzgestein (4), helle gelbgraue oder aschgraue zellige, selbst schlackenartige, meist ausgewaschene Dolomite, in denen durch Auswaschung der Salzstöcke zahlreiche Höhlen entstanden sind; dunkelgraue bituminöse Stinksteine, Nester von Kieseln, Thonen und Hornsteinen, Asche und Zellenkalke, welche dolomitischen Sand in ihren Höhlungen enthalten, und in diesen vielfach wechselnden Gesteinen bald Zwischenlager, bald unregelmässige Stöcke von Anhydrit, Gyps, Salzthon und Steinsalz; der lichtgraue, oft blaue, meist bituminöse Anhydrit bildet den Kern der Stöcke, der aus ihm hervorgegangene graue oder schwärzliche Gyps gewöhnlich den Mantel; das Steinsalz bildet oft grosse Massen, die unmittelbar von dunkel schwarzgrauen weichen Salzthonen umgeben sind, oder es durchdringt auch innig den Salzthon und Gyps, aus denen es durch die Gewässer ausgewaschen wird. Ueber diesen Salzgebilden liegen nun die regelmässig geschichteten Kalklager des gewöhnlich rauchgrauen, compacten Hauptmuschelkalkes, der einen erdigen Bruch und viel mergelige Beimischung zeigt, so dass die Schichten meist durch Zwischenlager von Mergel getrennt sind. Man hat diesen Kalk den Muschelkalk von Friedrichshall (5) oder auch wegen der ungemeinen Häufigkeit der Säulenglieder des Encrinus Liliiformis, den Trochitenkalk genannt. An vielen Orten in Schwaben geht dieser Kalk nach oben in ein lichtgraues poröses Dolomitgestein von welliger Schichtung und feinkörnigem Bruche über, das man in Schwaben Nagelfels oder Malbstein nennt, und das häufig durch eine dünne breccienartige Schicht, die ganz aus Fisch- und Reptilienresten zusammengebacken scheint, von dem rauchgrauen Kalkstein abgesondert ist. Im nördlichen Deutschland zeigt der Muschelkalk eine ähnliche Gesteinsfolge; den Wellenkalk und Schaumkalk an der Basis; dann die Dolomitgruppe mit Gyps, Anhydrit und Salzthon, und endlich den Muschelkalk, der aber an seiner Basis gewöhnlich oolitische Structur zeigt und erst nach oben hin die rauchgraue Farbe und den erdigen Bruch in seinen Schichten ausbildet.

Erstreckung. Am Schwarzwalde. In Franken und Hessen. In Thüringen. Am Harze. Bei Rüdersdorf. Im Wesergebirge. In Schlesien. Verfolgt man die Grenze des Muschelkalkes von dem südwestlichen Deutschland an, so findet man ihn zuerst zwischen dem Rhein und der Südspitze des Schwarzwaldes, in der Umgegend von Lörrach und Rheinfelden und noch auf dem südlichen Rheinufer bei Muttenz und Basel-Augst, von wo er sich dann über Laufenburg, Thingen und Stühlingen um die Südspitze des Schwarzwaldes herumschlingt. Nun bildet er ein allmälig breiter werdendes Band an dem Ostrande des Schwarzwaldes, das man über Donaueschingen, Villingen, Rothenburg und Herrenberg nach Leonberg, Vaihingen, Pforzheim nach Durlach und Bruchsal verfolgt, wo der Muschelkalk an die Rheinebene hervortritt. Dass er auch den westlichen Rand des Schwarzwaldes umgab, hier aber von dem Rheinschutte überlagert ist, zeigen einzelne zu Tage gehende Flecken bei Kuppenheim und Ettenheim; und ebenso zeigen die Thalgründe des Neckars bei Weiblingen und der Murr bis gegen Murrhard hin, sowie diejenigen der Kocher bei Hall, dass der Muschelkalk überall den Grund des würtembergischen Landes bildet, aber vielfach von den späteren Ablagerungen überdeckt wird. Von Friedrichshall, Wimpfen und Wisloch beginnt nun das grösste Muschelkalkgebiet in Deutschland, welches, auf dem bunten Sandsteine des Spessart und Odenwaldes ruhend, sich über den Main hinaus bis zur Werra hin erstreckt, nach Osten nach und nach unter den Keuper einsinkt und grösstentheils den Boden von Franken und Hessen bildet, und bei Meiningen, Hildburghausen und Eisfeld bis an den bunten Sandstein herantritt, welcher den Thüringerwald im Süden umgiebt. So erfüllt der Muschelkalk das ganze Land, in welchem Kocher, Jaxt und Tauber und theilweise auch die Werra fliessen, und schickt einen schmalen Streifen längs des Fichtelgebirges über Hildburghausen, Koburg, Eisfeld und Kronach bis in die Gegend von Baireuth. An einzelnen Stellen finden sich auch geringere Einlagerungen und Mulden von Keuper auf diesem fränkischen Hügellande des Muschelkalkes. §. 162.

Ein zweites bedeutendes Gebiet erfüllt den Boden von Thüringen zwischen dem Harze und dem Thüringerwalde (siehe die Karte Fig. 140, S. 166.) Die Muldenform tritt hier auf das deutlichste hervor. Von Eisenach über Waltershausen, Ohrdruf, Stadt Ilm, Rudolstadt, Lobeda nach Naumburg und Freiburg an der Unstruth, von hier aus über Eckartsberga, Heldrungen, Son-

dershausen nach Bleicherode, Heiligenstadt, Trefurt und Kreuzburg verfolgt man die Grenzen eines breiten elliptischen Beckens, welches innen vom Keuper überlagert ist und einen nördlichen Arm über Mücheln, Querfurt, Schafstett und Schrablau gegen die Elbe hin sendet. Weiter nach Nordwesten hin streckt sich dieses Becken an den Ufern der Fulda in nördlicher Richtung in weitem Umkreise um den Harz herum, wo eine Menge von einzelnen Flecken und Streifen an dem Leinethal bei Göttingen und von da ab bis an das Bodethal sich zeigen; so dass der ganze Nordrand des Harzes, freilich nicht in solchem Zusammenhange wie der Südrand, von Muschelkalkablagerungen umgeben ist. Diese Schichten sinken überall unter das norddeutsche Tiefland ein, und ein inselartiges Hervortreten des Muschelkalkes bei Rüdersdorf unweit Berlin zeigt wohl, dass dieses ganze Tiefland von Muschelkalk unterteuft ist, der nur an dieser Stelle durch eine locale Erhebung an die Oberfläche tritt. In dem Wesergebirge finden wir den Muschelkalk hier und da in schmalen Streifen, die an dem Grunde der Erhebungsthäler hervortreten, und dann in einem weiten Gebiete auf dem westlichen Ufer der Weser zwischen diesem Flusse und dem Paderbornischen, von wo aus einzelne Streifen nach Nordwest in den Teutoburger Wald vordringen. Auch auf diesem Gebiete sieht man in den Muldenvertiefungen des Muschelkalkes Ablagerungen von Keuper und hier und da, durch locale Erhebungen veranlasst, in der Tiefe den bunten Sandstein hervortreten. Der Flecken bei Rüdersdorf führt in östlicher Richtung vielleicht zu bedeutenderen Ablagerungen in Schlesien, die besonders bei Oppeln und Tarnowitz und am Gebirge von Sandomir bis an das Ufer der Weichsel bekannt sind.

§. 163. **In Frankreich. An den Vogesen.** In Frankreich finden wir den Muschelkalk in einem ganz ähnlichen Verhältnisse zu den Vogesen, wie er sich auf der anderen Seite an dem Schwarzwalde darstellte. Er beginnt an der Südspitze bei St. Loup, und das von ihm zusammengesetzte schmale Band erstreckt sich über Bourbon, la Marche, Dompaire, Rembervillier, Luneville, Blamont, Saarbourg und Saarunion durch den Boden von Lothringen in nördlicher Richtung bis nach Zweibrücken und Pirmasens in der Pfalz, um von dort aus über Saargemünd, Merzig, Siereck sich um die Westspitze des pfälzischen Kohlengebietes herum zu schlingen und dann bis nach Bedburg dem Laufe der Mosel und Ruhr entlang in jenen bei dem bunten Sandstein

erwähnten Busen des Triasgebildes auf dem rheinschen Schiefergebirge sich hinein zu erstrecken. Von Bedburg aus krümmt sich das Muschelkalkband dem Südrande der Ardennen entlang über Diekirch in östlicher Richtung, wo man es bis über Arlon hinaus verfolgt. In dem ganzen Verlaufe dieser Erstreckung fallen die Schichten nach Westen hin unter den Keuper ein. Ausserdem sehen wir in Frankreich noch einzelne Flecken im Umkreise des granitischen Centralkernes der Vogesen, die aber nur eine geringe Wichtigkeit haben.

Aeussere Erscheinung. Der Muschelkalk bildet mit sei- §. 164.
nen dichten Kalksteinplatten meist ebene Hochplateaus, die mit steilen abgerissenen Rändern nach dem bunten Sandstein sich abgrenzen; nur da, wo die Mergel- und Thonlager mit bedeutenderer Wichtigkeit auf der Oberfläche erscheinen, findet sich Wasserreichthum und damit auch üppige Vegetation. Die Kalkplateaus sind wasserarm, bilden einen unfruchtbaren Boden, scheinen aber ganz besonders von der Buche geliebt zu werden, die an vielen Orten die herrlichsten Wälder bildet. Von besonderer Bedeutung ist aber die Muschelkalkformation durch ihren ausserordentlichen Reichthum an Salz, der fast nirgends in Deutschland vermisst wird. Ueberall, wo diese Formation zu Tage tritt, oder in der Tiefe von den Quellwassern oder Bohrlöchern erreicht werden, finden wir die Gewinnung des Salzes als eine wesentliche Industrie. Man kann im Durchschnitte den Ertrag des Muschelkalkes von Deutschland in Salz auf 20 Millionen Centner berechnen. Ausserdem finden sich an einzelnen Stellen, wie namentlich in Oberschlesien bei Tarnowitz und in Baden, reiche Gänge von Galmei und Bleiglanz, die einen bedeutenden Bergbaubetrieb gestatten und wahrscheinlich spätere Einlagerungen aus heissen Quellen darstellen.

Der Keuper.

(*Marnes irisées; Variegated marls; Etage salifèrien.*)

Lettenkohle. Die sogenannte Lettenkohle (6 auf dem Durch- §. 165.
schnitte, S. 174) bildet eine merkwürdige Gruppe von Schichten, die unmittelbar den Muschelkalk bedecken und hinsichtlich ihrer Stellung noch zweifelhaft sind, indem die Einen sie als oberstes Glied des Muschelkalkes, die Anderen als unterstes des Keupers ansprechen. Alle Gesteine dieser Lettenkohle sind aus-

serordentlich bituminös und mit Pflanzenablagerungen erfüllt. An der Basis befinden sich gewöhnlich bituminöse Thonschiefer, gelbgraue Kalkmergel mit Glimmerschüppchen, Alaunschiefer und Mergelschiefer mit Thonknauern und ganzen Lettenschichten, die nach und nach in die eigentliche Lettenkohle übergehen; schwarze, bröckliche, fettige Kohlen von mattem erdigen Bruche, die leicht verwittern, sehr viel Schwefelkies enthalten und deshalb sowie wegen der grossen Menge blätteriger Thonasche, die sie hinterlassen, hauptsächlich nur zur Vitriol- und Alaunfabrikation verwendet werden. Mergelschiefer, Brandschiefer und Gyps wechsellagern mit diesen Lettenkohlen, die oft an einer dünnen Schicht rauchgrauen dolomitischen Kalksteines oder von feinkörnigen Sandsteinen oder braunrothen Mergeln und Mergelsandsteinen gekrönt werden. Diese Sandsteine enthalten gewöhnlich eine Unzahl von Pflanzenabdrücken und Reste von Fischen und Reptilien.

§. 166. **Keuper-mergel. Beaumont's Horizont. Keupersandstein. Schilfsandstein. Stubensandstein.** Hierauf folgt der eigentliche Keuper, den man wieder in eine untere Mergelgruppe (7.) und eine obere Sandsteingruppe (8) zerlegen kann. An der Basis finden sich Gyps oder Gypsmergel von bräunlicher Farbe, die bald zu einem schmutziggelben, rauchgrauen, dichten oder kleinkörnigen spröden Dolomit sich ausbilden, der oft Hornsteinnieren und Kalksteine enthält, durch seine Lagerung aber zwischen Mergeln oben und unten, besonders an den Thalwänden, Friese und somit einen leichtkenntlichen Horizont bildet, welchen man den Horizont Beaumont's genannt hat. An einigen Orten, wie namentlich bei Gölsdorf, geht dieser Dolomit in ein Koprolithenlager über, welches gänzlich aus Fisch- und Saurierresten zusammengebacken scheint und dem der Lettenkohle angehörigen ähnlichen Lager, das bei Grailsheim, Heilbronn u. s. w. entwickelt ist, ziemlich ähnlich sieht. Ueber diesem Dolomit folgen nun die bunten Mergel und Thone von vorherrschend rother Farbe mit scharf abgeschnittenen grünen, gelben und blauen Adern. Meist sind diese Mergel dünnschieferig, mit Letten und Thon gemengt, und zuweilen findet man darin dünne Lager von Dolomit und Sandschiefer. Allgemein ist Gyps in diesen Mergeln verbreitet. Bald durchdringt er sie so innig, dass eine Trennung unmöglich wird, bald wieder bildet er Stöcke und Gänge, Zwischenlager und Verwerfungen, und unterscheidet sich von dem Gypse des Muschelkalkes durch seine lebhaften

Farben. Steinsalz kommt überall in diesen Gypsmergeln, aber nur in geringer Menge, vor.

Allmälig gehen die Mergel in feinkörnige, gelblichweisse Sandsteine mit thonigem Bindemittel über, die sogenannten Schilfsandsteine (8), welche vortreffliche Quadersteine liefern, zuweilen untergeordnete Lager von schlechten Kohlen und viele Abdrücke von Pflanzen enthaltend. In Würtemberg wird dieser Sandstein nach oben grobkörniger und endlich so zerreiblich, dass er zu mehr oder minder feinem, weisslichem Sand verwittert, der Nester von Kohlen, Schwefelkies, Bleiglanz, Steinmergel und Thongallen beigemengt enthält. Endlich findet sich noch an vielen Orten, wie bei Rottweil, Stuttgart, Bobenhausen und Degerloch die sogenannte Grenzbreccie, ein ähnliches Koprolithenlager wie dasjenige in der Lettenkohle, und besonders merkwürdig durch die Existenz von kleinen Zähnen, welche sicherlich einem Säugethiere, Microlestes, angehören. Im Norden Deutschlands ist im Ganzen die Gliederung einfacher, indem die vielfach wechselnden Mergellager oft gar keine Sandsteinschichten haben und die Grenzbreccie (*Bone-bed*) durchaus fehlt. So unterscheidet man in der durch Lias ausgefüllten Keupermulde zwischen Helmstedt und Gross-Bartensleben als unterstes Stockwerk bunte Mergel, darüber graue Mergel mit Kieselknollen und als oberstes Glied gelblichweisse Kieselsandsteine.

Erstreckung. In Würtemberg. In Thüringen. Gothaer Becken. Am Wesergebirge. In Lothringen. Verfolgt man die Grenzen des Keupers in ähnlicher Weise wie diejenigen des Muschelkalkes, so findet man zuerst auf der östlichen Seite der Muschelkalkzone, welche längs des Schwarzwaldes sich hinzieht, eine entsprechende Zone von Keuper, die bei Zurzach am Rheine beginnt und über Rottweil, Sulz, Horb, Rothenburg, Tübingen, Böblingen, Stuttgart, Gmünd und Ellwangen nach Osten verfolgt werden kann. Ein Arm dieses würtembergischen Keupers erstreckt sich auf dem westlichen Ufer des Neckars in der Vertiefung, welche den Schwarzwald vom Odenwalde trennt, über Eppingen und Hilsbach bis an das Rheinthal bei Wisloch, von wo aus die Nordgrenze der Keuperzone etwa über Wimpfen und Künzelsau nach Rothenburg gezogen werden kann. Das ganze würtembergische Hügelland zwischen dem Schwarzwald einerseits und der Alb andererseits gehört so wesentlich dem Keuper an, der in der Nähe der Alb von Lias überdeckt wird, aber überall in den Erosionen der Flussthäler, die §. 167

von der Alb herabkommen, auch unter dieser Formation zu Tage tritt. Diese Keuperzone setzt sich nun, stets breiter werdend, von Dünkelsbühl und Rothenburg aus über Nürnberg, Bamberg und Koburg fort und schlägt sich über Baireuth um die letzten Ausläufer des fränkischen Jura bis nach Amberg und Hirschau herum. Die Eisenbahn von Nürnberg nach Baireuth läuft fast beständig auf dem dem Jura zugekehrten Rande dieses Keuperbandes.

Ein bei Weitem weniger bedeutendes Keupergebiet Deutschlands findet sich in der thüringischen Mulde, zwischen dem Thüringerwalde, der Saale und dem Harze in schildförmiger Ausbreitung auf der Mulde des Muschelkalkes auflagernd. Man kann hier gewissermaassen zwei untergeordnete Becken unterscheiden, welche durch eine erhobene Muschelkalklinie, die von Trefurt über Erfurt nach Weimar zieht, in zwei Hälften getheilt sind. Das kleinere dieser Becken zeigt sich in der Umgebung von Gotha und Arnstadt; auf dem grösseren liegen Mühlhausen, Langensalza, Erfurt, Sömmerda und Kölleda. Von dem Gothaer Becken aus zieht sich der Keuper westlich hinüber und bildet nun auf beiden Ufern der Weser sowie in dem Wesergebirge und in dem Hügellande im Norden des Harzes eine Menge von inselartigen Mulden, schmalen Streifen und Flecken, die überall in Faltungen des Muschelkalkes eingelagert sind. Das bedeutendste Gebiet in dieser Gegend erstreckt sich im Süden des Weserlaufes zwischen Bodenwerder und Rinteln, Nieheim und Detmold und schickt einen Ausläufer längs des Teutoburger Waldes bis nach Osnabrück. Auf dem Westrande der Vogesen bildet das Keupergebiet eine breite Bande, die von der Umgegend von Luxemburg aus schmal beginnt, namentlich aber in der Gegend von Dieuze eine bedeutende Breite erhält und dann über Luneville, Mirecourt wieder schmal werdend sich bis an die Südspitze der Vogesen in die Gegend von Vesoul und Villersexel verfolgen lässt. In dieser ganzen Zone fallen die Schichten nach Westen unter den Lias ab und ruhen auf den Dolomiten des Muschelkalkes auf. Es sind grüne, graublaue und violette Mergel, theilweise mit Lettenkohle, hauptsächlich aber mit vielem eingestreutem Gypse, Anhydrit, Salzthon und Salz, über welchen sich jenes Dolomitlager ausbreitet, das wir oben als Beaumont's Horizont bezeichnet. Die Keupermergel sind in ganz Lothringen ungemein reich an Steinsalz, das namentlich bei Dieuze und Vic ausgebeutet wird und fast regelmässige Schichten in diesen Mergeln bildet.

Aeussere Erscheinung. In allen Gegenden, in welchen wir das Keupergebilde bis jetzt betrachteten, bildet es entweder feuchte wasserreiche Ebenen oder niedriges Hügelland, in welches meist die Flüsse und Bäche tiefe Runzeln gerissen haben, an deren Gehänge die Dolomit- und Sandsteinlager Friese bilden, während die Mergel sanfte Abhänge herstellen. Da, wo hinlänglich für Wasserabfluss gesorgt oder auch die Möglichkeit vorhanden ist, die gypshaltigen fetten Mergel mit Sand zu mengen, ist das Keupergebilde besonders fruchtbar und durch seine Vegetation ebenso wie der darauf ausgebreitete Lias in freundlicher Weise abstechend gegen die wasserärmeren und dürren Plateaus des Muschelkalkes und der höheren Juraschichten, die das Mergelland von beiden Seiten einschliessen. §. 168.

Verhalten des Trias im Juragebirge. Besondere Erwähnung verdient noch das Verhalten der Triasgebilde in dem Juragebirge, in England und in den Alpen. In dem Jura verfolgt man einige bedeutende Einlagerungen, die namentlich in dem Norden des schweizerischen Jura, in den Cantonen Baselland, Solothurn und Bern, sowie auf dem Westabhange bei Salins und Besançon hervortreten. Schon oben wurde erwähnt, dass der Muschelkalk und mit ihm der Keuper auf das südliche Ufer des Rheines herübertreten, wo sie von Zurzach bis hart in die Nähe von Basel bei Muttenz eine schmale Zone bilden, die an einigen Stellen bei Basel-Augst und Rheinfelden auch Gelegenheit zur Ausbeutung von Salz gegeben hat. Es findet sich hier der rauchgraue Muschelkalk und weiter gegen den Jura hin der Keuper in seiner gewöhnlichen Gestalt. Innerhalb des Jura nun finden wir namentlich den Boden einiger Erhebungsthäler mit Muschelkalk und Keuper ausgefüllt und im nördlichen Jura besonders zwei solcher Erhebungsthäler, ein kleineres bei Bärschwyl, ein grösseres, welches von Windisch über Eptingen und Waldenburg sich verfolgen lässt. Ueberall zeigt sich hier der Muschelkalk als domförmige Erhebung, die der Axe der Thäler nach aufgehoben und von Gypsmergeln und Keuperthonen auf beiden Seiten überlagert ist; da, wo die Formation bedeutender entwickelt ist, wie bei Salins und Lons-le-Saulnier, kann man in dem Keuper sogar drei Stockwerke unterscheiden, das unterste mit Salzthonen, Steinsalz, Dolomit und Gypsmergeln, das mittlere hauptsächlich aus Gyps und Dolomiten, das obere aus Sandsteinen gebildet. §. 169.

§. 169. **In England.** In England (siehe die Karte, S. 128) bildet die Trias ein breites Band, welches bei Exeter an der Küste des Canals, unmittelbar auf den Uebergangsgebilden von Cornwallis auflagernd, beginnt und über Bristol sich bis nach Birmingham fortzieht. Von hieraus umgiebt es das nördliche Kohlenbecken in der Weise, dass einerseits nach Westen eine Zunge sich vorschiebt, welche bei Liverpool das Meer erreicht, andererseits eine bandförmige Fortsetzung bis in die Nähe von Newcastle an die Küste der Nordsee sich erstreckt, und einzelne Flecken bei Carlisle auch die Existenz der Umwallung auf der westlichen Seite darthun. Die Schichtenfolge ist dadurch besonders von der deutschen verschieden, dass der Muschelkalk gänzlich fehlt und somit die bunten Sandsteine, welche die Basis bilden, unmittelbar nach oben hin in die Keupermergel übergehen, welche auch hier Lettenkohle, Gyps, Steinsalz und Thon enthalten und endlich von dem Bone-bed gekrönt werden, das man früher als das unterste Lager des Lias ansah.

§. 170. **In den Alpen. Im Westen. Zwischen Rhein und Inn. Im Süden.** In den Alpen kann man die Gebilde der Trias hauptsächlich im Osten des Rheinthales verfolgen; im Westen finden sich nur einzelne geringere Flecken, welche so sehr mit dem Lias verschmolzen scheinen, dass an sehr vielen Orten ihre Trennung noch nicht gelungen ist. Im Norden der Alpen finden wir sie in sehr geringer Ausdehnung an dem Genfer See bei Meillerie, wo sie die Basis der dort brechenden Kalksteine bilden. Dann treten sie erst wieder wohl charakterisirt in den Glarner Alpen, sowie in der Gebirgsmasse auf, welche das Innthal von dem Rheinthale trennt, und man kann hier eine stets breiter werdende Zone verfolgen, welche etwa von Vaduz über Bludenz nach Obersdorf im Illerthale und weiter über Inn, Innspruck, Hallein, Atmond bis in die Gegend von Oedenburg in zusammenhängender Erstreckung streicht. Im Süden der Alpen ist die Zone nicht ganz so zusammenhängend, doch im Ganzen leicht erkenntlich. Sie beginnt bei Lugano, streicht durch den Comersee über Bellaggio nach dem Lecco-see im Norden von Brescia und lässt sich nun weiter in die Gebirge von Südtyrol verfolgen. Zwischen Linz und Villach bei Murau, Judenburg und Gratz finden sich triasische Schichtflecken genug, welche beweisen, dass auch diese südliche Zone eine zusammenhängende und das Alpengebirge auf beiden Seiten von einem Mantel dieser Schichten umgeben war.

Gliederung der alpinischen Trias. Verrucano. Bunter Sandstein. Muschelkalk. Haselgebirge. Lebergebirge. In Südtyrol. Lettenkohle. Halobienschiefer von Wengen. Dolomit. Schichten von St. Cassian. An der Basis der alpinischen Trias findet sich in oft unabhängiger Erstreckung ein meist rother Quarzsandstein, gewöhnlich grobkörniges Conglomerat, aus mancherlei Rollsteinen und Trümmern älterer zerstörter Massen zusammengesetzt, welches man den Verrucano genannt hat. Die Stellung dieses Gebildes ist nicht ganz sicher, da es niemals Versteinerungen enthält, und auch ausserdem die Bezeichnung mehr eine mineralogische ist, die häufig auf alle rothe Conglomerate angewendet wurde, die aus Zerstörung älterer Gebilde in den Alpen hervorgegangen sind und in verschiedenen Horizonten sich finden können. Jedenfalls liegt der eigentliche Verrucano unter dem eigentlichen bunten Sandsteine, der weiss oder röthlich ist, feines Korn zeigt und in seinen oberen Lagern meist mit rauhen glimmerigen oder kalkigen Thonen und Thonschiefern wechselt. Dieser bunte Sandstein ist an einzelnen Orten durch Pflanzenversteinerungen hinlänglich charakterisirt, und man kann deshalb wohl den Verrucano als den unteren Conglomeraten des bunten Sandsteines, dem Vogesensandstein oder dem Rothliegenden entsprechend ansehen. §. 172.

Ueber den Sandsteinen finden sich hohe Kalkmassen, die man früher als den älteren Alpenkalk bezeichnete und um deren Entwirrung man in der neuesten Zeit sich vielfach bemüht hat. Im Salzkammergut finden sich in dem steinernen Meer und dem Dachsteine dolomitische Kalkschichten, in welchen versteinerungslose stockförmige Massen von Anhydrit, Gyps, bituminösem Salzthon und Steinsalz befindlich, welche bei Hallein, Hallstedt, Ischl, Berchtesgaden, Ausseck zur Salzgewinnung ausgebeutet werden. Der bituminöse Salzthon wird das Haselgebirge, der rothbraune oder graue braunblätterige Schiefer mit ausgezeichnetem Fettglanz, der die Thonstöcke umgiebt, das Lebergebirge genannt. Beide Theile des Salzgebirges scheinen durchaus von dem sie einschliessenden Kalke nach Schichtung und Verhalten geschieden. Ueber diesem Muschelkalke finden sich nun Schichten von rothem Kalksteine (rother Ammonitenmarmor), welcher durch seine Versteinerungen sich als den Kalkmergelschichten von St. Cassian in den Südalpen entsprechend erkennen lässt.

Dort im südlichen Tyrol, in den Thälern von Fassa, Seriana und Trompia, wurde man zuerst auf höchst merkwürdige Schichten aufmerksam, die einen bedeutenden Reichthum an Verstei-

nerungen besitzen, und welche jetzt in folgender Lagerung sich darstellen. Ueber dem bunten Sandsteine liegen kalkige Schichten von dünnschieferiger Structur, die dem Wellenkalke sehr ähnlich sehen und meist durch thonige Mergel und Thonschiefer in mächtige Kalkmassen sich fortsetzen, welche die gewöhnlichen Muschelkalkversteinerungen enthalten und in ihrem mineralogischen Verhalten vielfachen Wechsel zeigen, wie denn überhaupt in den Alpen mannigfaltige Umänderungen der Gesteinsbeschaffenheit etwas sehr Gewöhnliches sind. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass dieser Muschelkalk an vielen Stellen dolomitisch wird und bedeutendere Stöcke bildet, deren Stellung indess bei dem Mangel an Fossilien schwer zu ermitteln ist. Ueber diesen Muschelkalklagern finden sich nun eigenthümliche schwarze Schiefer, welche in rhombische Tafeln zerfallen, mit Sandsteinen, mergeligen Kalksteinen, Gyps und dünnen Dolomitschichten wechsellagern und nicht nur viele Pflanzenreste, sondern auch Streifen von erdiger Kohle enthalten. Es scheinen diese Pflanzenreste denjenigen analog zu sein, welche in der Lettenkohle sich finden, so dass man diese schwarzen und rothen Pflanzenschiefer, die besonders im Vorarlberg entwickelt sind, als Lettenkohle bezeichnen kann. Ueber den Pflanzenschiefern liegen dünne kalkige Mergelschiefer, meist schwärzlich und bituminös, die gewiss noch derselben Gruppe angehören und unter dem Namen der Schichten von Wengen, oder nach der besonders charakteristischen Versteinerung unter demjenigen der Halobienschiefer bekannt sind.

In den Bergamaskeralpen, im Vorarlberg und im östlichen Bünden ruhen nun auf diesen Halobienschiefern ungeheure Dolomitmassen, meistens wüste, steilansteigende, hellgraue oder weisse Bergstöcke mit zerrissenen Zacken und mannigfach zerklüfteten Formen, auf welchen aus Wasserarmuth die Vegetation fast gänzlich erstorben ist. Es würden diese Dolomitmassen, dieser Lagerung zufolge, hauptsächlich als Keuperdolomit oder als Entwickelung des Beaumont'schen Horizontes zu betrachten sein, und wie es scheint ist diese Entwickelung wenigstens für die Umgegend von Bludenz durch die Lagerung festgestellt, während an anderen Orten der Beaumont'sche Horizont fehlt, und unmittelbar auf den Halobienschiefern die bei Bludenz über dem Dolomit liegenden Schichten von St. Cassian auflagern, welche aus graulichen und bläulichen Mergelschiefern und Thonmergeln zusammengesetzt sind, die an der Seiseralp und an verschiedenen Orten durch ihren Petrefacten-Reichthum bekannt sind und

deren Stellung nach langem Streiten jetzt als oberstes Glied der Keuperbildung festgestellt sein dürfte. Genaue Sichtung der Versteinerungen lässt erwarten, dass man diese Schichten von St. Cassian noch an vielen Gegenden der Alpen in dunkelen, harten, dichten Kalken erkennen werde, welche man bis jetzt als unteren Lias betrachtet hat.

Charakteristische Versteinerungen. §. 172.

Im bunten Sandsteine:

Calamites Mougeoti; Equisetites; Aethophyllum speciosum (Fig. 150); *Neuropteris elegans* (Fig. 151); *Voltzia heterophylla* (Fig. 152)

Fig. 153.



Fig. 154.



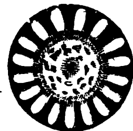


Fig. 165.

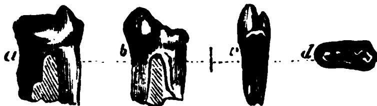


Fig. 150.

Fig. 151.

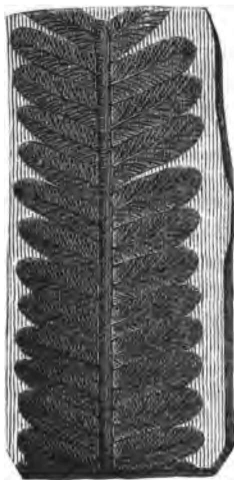


Fig. 158.



Fig 166.



Fig. 152.



Fig. 163.

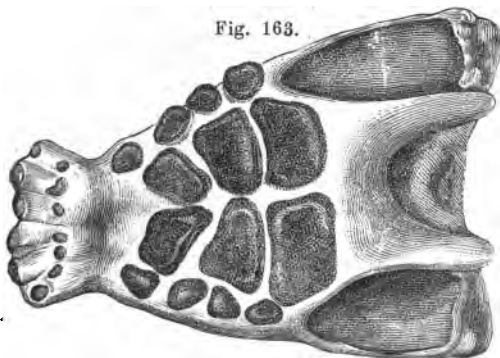


Fig. 160.



Fig. 162.



Fig. 161.

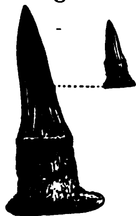


Fig. 157.





Albertia elliptica (Fig. 153); *Anomopteris; Acrodus Braunii; Placodus impressus; Trematosaurus; Nothosaurus Schimperi.*

Im Muschelkalke:

Encrinus liliiformis (Fig. 154); *Ophiura prisca, scutellata*; *Ostrea placunoides, Schübleri*; *Pecten discites, laevigatus* (Fig. 155); *Lima striata; Avicula (Gervillia) socialis* (Fig. 156), *Braunii; Myophoria vulgaris, lineata* (Fig. 157); *Trigonia Whatelyae*; *Terebratula vulgaris* (Fig. 158), *Mentzelii; Turritella scalata*; *Nautilus bidorsatus; Ceratites nodosus* (Fig. 159); *Rhyncholithes hirundo; Pemphix Sueuri; Acrodus Gaillardoti; Ceratodus heteromorphus; Hybodus Mougeoti, major, plicatilis* (Fig. 160); *Saurichthys apicalis*

Fig. 164.

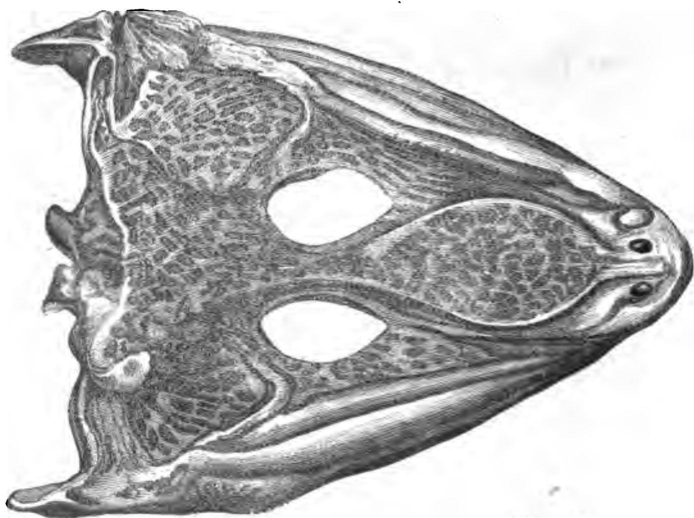


Fig. 155.

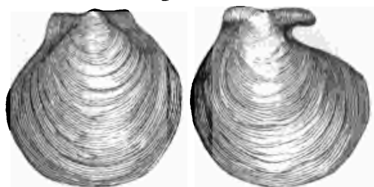


Fig. 167.



(Fig. 161), *Mougeoti* (Fig. 162), *costatus; Placodus gigas, Münsteri, Andriani* (Fig. 163); *Nothosaurus* (mehre Arten); *Simosaurus; Stylolithen.*

Im Keuper:

Calamites arenaceus; Equisetites; Pterophyllum Jaegeri, Münsteri, longifolium; Nilssonia; Posidonia minuta; Mastodonsaurus (Fig. 164); *Capitosaurus; Microlestes antiquus* (Fig. 165).

Fig. 156.

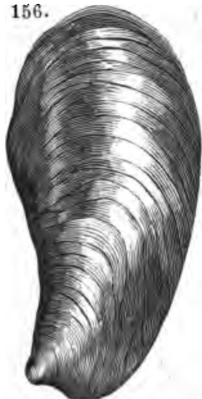


Fig. 159.





In den Halobienschiefern von Wengen und dem Gebilde von St, Cassian.

Halobia Lommeli (Fig. 166); *Posidonia Clarae* (Fig. 167); *Gervillia inflata; Avicula Zeuschneri, gryphaeata; Cardita crenata; Plicatula obliqua; Monotis salinaria; Myacites Fassaensis; Acteonina alpina; Ceratites Cassianus, modestus; Pentacrinus laevigatus;*

Fig 168.





Encrinus varians; Cidaris dorsata; Nucula lineata; Spirifer uncinatus; Goniatites nautilinus; Ammonites Aon, Joannis Austriae, tornatus (Fig. 168); *Orthoceras dubium, alveolare.*

7. Jurassisches System.

(Oolithgebirge; *Oolitic series*).

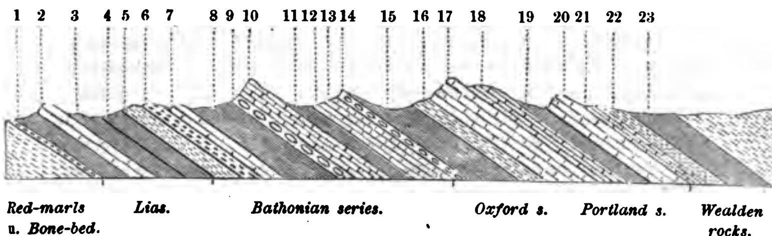
§. 173. **Erscheinung.** Die Juragebilde zeigen sich hauptsächlich in zwei verschiedenen Formen an der Oberfläche, einestheils in mehr horizontalen Lagern, wo die festeren Kalkschichten, welche besonders mit Mergeln abwechseln, als niedrige, magere Plateaus erscheinen oder auch nur in Form steiler Terrassen auftreten, welche den Umgrenzungen des Juragebietes folgen und an deren Fusse die Mergel ein fruchtbares plattes Land bilden. Da aber, wo die Juraschichten in die Bildung höherer Gebirge eingreifen, zeigen sich die Kalklager als hohe, schroffe, in der Mitte durchrissene Ketten, die lange Mauern bilden, an deren Fusse dann die Mergel nur in geringer Strecke und in Form sanfter Abhänge sich zeigen.

Jura in England.

§. 174. **Verbreitung. Lagerung.** Die meerischen Ablagerungen des Jura bilden in England (siehe die Karte, Fig. 110, S. 128) ein breites Band, welches fast genau von Süden nach Norden orientirt von der Küste des Canals an der Halbinsel Portland bei Weymouth beginnt und über Bath, Oxford nach Norden vordringt, um im Norden der Trentmündung die östliche Küste zu erreichen. Die Lagerung ist im Allgemeinen eine sehr einfache. Ueberall treten an dem Westrande des jurassischen Gebietes die tieferen Schichten, namentlich des Lias hervor, der überall auf den Schichten des Keupers auflagert, während nach Osten hin, je weiter man vordringt, desto höhere Schichten zu Tage kommen, so dass man auf einer Reise von London über Oxford und Bath nach Bristol sämmtliche Schichten des Jura von den höheren zu den tieferen in querer Richtung durchschneidet. Die Schichten fallen also sämmtlich nach Osten hin ein und sind auf dieser östlichen Erstreckung überall von den Kreidelagern überdeckt. Man kann den englischen Jura in vier Gruppen theilen, die wieder in mehre Unterabtheilungen zerfallen.

Fig. 169.

Idealer Durchschnitt der jurassischen Schichtenreihe in England.



a. Lias.

Zusammensetzung. Untere Liasschiefer. Gryphitenkalk. Liasmergel. Obere Liasschiefer. Bodenbildung. Auf der Knochenbreccie (*Bone-bed*) des Keupers lagern unmittelbar dunkelbraune oder schwärzliche bituminöse Mergelschiefer, die unteren Liasschiefer (1), welche an einzelnen Orten durch meist gelblich braune, leicht verwitternde Sandsteine ersetzt sind. Ueber diesen folgen die unteren Liaskalke oder Gryphitenkalke (2) mit der charakteristischen *Gryphaea arcuata*, in ihren unteren Lagern meist weiss, in den oberen mehr blau, von gewöhnlich thoniger Beschaffenheit, erdigem Bruche und geringer Festigkeit, so dass sie leicht zu einem mergeligen Boden verwittern. §. 175.

Der mittlere Lias besteht aus braunen oder blaugrauen Thonmergeln von feiner Schieferung, die oft Sand- und Kalkgallen enthalten, stellenweise schwarz und bituminös sind und dann mit schlechten dünnen Kohlenlagern wechseln, oder auch eisenhaltig werden und in Eisensandschichten übergehen (3). Die *Gryphaea cymbium* ist hier leitende Versteinerung.

Die oberen Liasschiefer (4), besonders bei Lyme-Regis und Whitby ausgebildet, sind schwarze, häufig bituminöse, aber feste Thon- und Alaunschiefer, besonders reich an eigenthümlichen Versteinerungen, deren Grenze gegen die mittleren Liasschiefer nicht immer genau gelegt werden kann.

Der Lias im Ganzen bildet ein äusserst fruchtbares, meist plattes, sanftgewelltes Land, das durch die Mischung seiner Thone, Mergel, Sand- und Kalksteine vorzüglich zum Ackerbau geeignet ist. Ueberall zeigen sich in seinen Lagern, die sonst zu keiner Industrie Veranlassung geben, Durchdringungen von Schwefelkies, welche besonders die Versteinerungen umhüllen.

b. Unterer Oolith. Bathgruppe.

§. 176. **Gliederung. Marly sandstone. Eisenoolith. Quaderoolith. Fullers earth. Great Oolite. Stonesfield-beds. Bradford-clay. Forest-marble. Corn-brash.** Auf den oberen Liasschiefern, oft nicht deutlich von ihnen getrennt, findet sich der mergelige Sandstein (5), glimmerige, gelbliche oder grünliche, meist mergelige Sandlager, die in verschiedenen Höhen häufige Thonnieren enthalten, mit unregelmässigen Schichten von gelbem Sandstein wechsellagern und nach oben durch Ausbildung von Kalkknollen nach und nach in braune, harte und zähe Oolithe übergehen, die Eisenoolithe (6), welche einen sehr beständigen Horizont bilden, viel Eisen enthalten und an einigen Orten von oolithischen Quadersteinen (7) überlagert sind. Die drei erwähnten Schichtengruppen gehen vielfältig in einander über, enthalten dieselben Fossilien und werden auch oft speciell mit dem engeren Namen des unteren Ooliths bezeichnet.

Ueber diesem unteren Oolith lagert die Walkererde (8), die mit blauem oder gelbem kurzen Thon beginnt, und dann in die eigentliche Walkererde übergeht, welche besonders zu Entfettung der Wolle und zur Töpferei ausgebeutet wird und im Norden Englands nicht vorkommt.

Ueber der Walkererde findet sich dann wieder Mergel und Thon, meist von weisser Farbe, der viele Thongallen und Kalknieren enthält. An einzelnen Orten, wie z. B. an der Küste von York, ist dieses Lager durch grobe Sandsteine mit eingelagerten Schiefern und Pflanzenabdrücken ersetzt.

Ueber der Walkererde findet sich ein in England sehr beständiger Horizont mächtiger oolithischer oder grobkörniger fester Kalke, der Hauptoolith (10), meist als Baustein ausgebeutet, mit vielen Korallenbänken und zuweilen mit braunen Mergellagern wechselnd. An seiner Basis hat man fast nur an einer einzigen Localität, bei Stonesfield, in der Nähe von Oxford, eigenthümliche Plattenschiefer unterschieden (9), die aus mergeligen Sandsteinen und Sandlagern bestehen, in welchen platte Kalklinsen sich finden, die sich grobschieferartig spalten und viele zum Theil höchst eigenthümliche Versteinerungen enthalten, unter welchen besonders einige Säugethiergattungen (*Amphitherium*, *Phascolotherium*) berühmt geworden sind. Dem Hauptoolith folgt wieder, ihn zuweilen sogar ganz ersetzend, eine Mergelgruppe, der Bradfordthon (11), meist von blauer Farbe, mit Lagern von

nierenförmigem Eisensteine und thonigem Oolith, der als charakteristische Versteinerung *Ostrea Marshii* zeigt. Ueber ihm lagert der Forestmarmor (12), eine vielfach wechselnde Schichtenreihe von Sandsteinen, sandigen Thonen und Mergeln und muschelreichen dichten Kalken, zwischen denen sich zuweilen Schieferthone mit Pflanzenabdrücken finden. Als letztes Glied hat man endlich grobkörnige, in schieferigen Platten sich absondernde Kalke unterschieden, den *Corn-brash* (13), der nebst dem Hauptoolith der einzige beständige Horizont dieser Gruppe ist, während alle übrigen Theile derselben vielfachen localen Veränderungen unterworfen sind.

c. Oxfordgruppe.

Kelloway-rocks. Oxford-clay. Calcareous-grit. Coral-rag. Iron-Oolite. Die Kellowayschichten (14), welche die Basis dieser Gruppe bilden, bestehen aus weichen kalkigen Sandsteinen, dünnen Lagern unregelmässiger Kalkknollen und mergeligen knotigen Schiefern, die nach oben eisenschüssig werden und als charakteristische Versteinerung die *Gryphaea dilatata* enthalten. Ueber ihnen liegt der Oxfordthon (15), ein blauer kurzer Mergel mit Zwischenlagern von Thon, dünnen Kalkbänken, bituminösen Schieferthonen und Kalkknollen, der fast überall in dem Jura einen leicht kenntlichen Horizont bildet. Kalkige Sandsteine (16), meist aus sandigen Mergelkalken zusammengesetzt und in ihrer Ausbreitung ziemlich unbeständig, bilden den Uebergang zu einem meist compacten, erdigen oder krystallinischen Kalksteine, dem Korallenkalk (17), der häufig fast nur aus Korallenriffen zusammengesetzt ist und ebenfalls einen äusserst beständigen Horizont bildet. Nach oben geht dieser Korallenkalk in den Eisenoolith (18) über, eine sehr unbeständige Gruppe von gelben oder braunen Oolithen mit Eisennieren und Zwischenlagern von Sand und Thon, der hier und da auf seinen Eisengehalt ausgebeutet wird. §. 177.

d. Portlandgruppe.

Kimmeridge-clay. Portland-stone. An der Basis lagern die Kimmeridge-Mergel (19), blaue, meist schieferige, oft bituminöse oder alaunhaltige Mergel mit vielen verkiesten Versteinerungen, unter denen sich besonders *Exogyra virgula* auszeichnet. Nach oben wird dieses Mergellager gekrönt von dem Portland- §. 178.

kalke (20), compacten, festen Kalksteinen von weisser Farbe, die meist als Trottoirplatten ausgebeutet werden und zuweilen Zwischenlager von Oolithen, Sand und Schieferthonen enthalten, in welchen man Pflanzenversteinerungen findet.

Mit dieser oberen Gruppe schliesst die Schichtenreihe der meerischen Bildungen in den jurassischen Ablagerungen Englands. Es findet sich aber ausserdem noch in dem südlichen Theile von England, und zwar namentlich in Kent und Sussex, eine Schichtengruppe, welche zwischen Dover und Cap Beachy an die See grenzt und die man bald als unterste Kreide, bald als oberste Juraformation angesehen, ja sogar in der letzten Zeit so zerspalten hat, dass man die untersten Schichten, die Purbeckschichten, zu dem Jura, die oberen dagegen zur Kreide gezogen hat.

e. Die Wäldergruppe.

§. 179. **Wealden-group. Erstreckung. Purbeck-beds. Hastings-sand. Weald-clay.** Die Wäldergruppe ist nur aus Süsswasserschichten zusammengesetzt und bildet in den angegebenen Grafschaften eine Art Insel, welche ringsum von den Kreideschichten umgeben ist. In der ganzen Erstreckung sind die Schichten domartig erhoben, so dass sie nach allen Seiten von einer Erhebungslinie abfallen, die man durch die Längsaxe der halben Ellipse ziehen kann. Die Verlängerung dieser Erhebungslinie über den Canal trifft bei Boulogne auf eine ähnliche inselartige Erhebung von Schichten auf, die aus der Kreide und aus dem Tertiärgebilde hervorragen, aber nicht nur von Wälderschichten, sondern auch von Juraablagerung, ja selbst von devonischen und Kohlenschichten gebildet ist, die, wie schon früher erwähnt, der Spitze des Ardennenzuges entspricht, so dass also die Faltung dieses Gebirgsrückens sich noch in England erkennen lässt.

Das Wäldergebirge besteht hauptsächlich aus drei Schichtengruppen; an der Basis finden sich die Purbeckkalke (21) (*Purbeck-beds*), dünne, wohlgeschichtete, bläuliche Kalksteine, die mit Schichten bläulichen Schieferthones wechsellagern und ebenso wie die Portlandkalke zu Trottoirplatten ausgebeutet werden. Man hat diese Schichtenreihe in drei verschiedene Abtheilungen geschieden, die aber so viele Züge mit einander gemein haben, dass diese Abtheilungen nur einen localen Werth haben. In der untersten Abtheilung, die vorwiegend mergelig ist, findet man, un-

mittelbar auf dem Portlandkalke ruhend, Schichten alter Dammerde, *Dirt-beds*, mit Stämmen und Wurzelstöcken in ihrer natürlichen Stellung, sonst aber in den Kalken und Mergeln nur Brack- und Süsswasserversteinerungen, worunter besonders viele Schildkröten. Ueber dem Purbeckkalke, in dessen mittleren Schichten man neuerdings (seit 1854) viele Säugethierreste gefunden hat, liegt der Hastingssand (22), eisenschüssiger Quarzsand von brauner Farbe mit sandigen Thonen und Mergeln, festeren Sandsteinen, grauen Sandkalken, Eisenlagern und Flecken verkohlten Holzes hier und da wechsellagernd. Ausserordentlich viele Versteinerungen gigantischer Reptilien finden sich in diesem Sande, der von dem eigentlichen Wälderthon (23) (*Weald-clay*) überlagert wird, einem bläulichen Töpferthon mit eingelagerten Schichten von Sand, Kalk und sehr versteinerungsreichem Kalke, der an einigen Orten als Marmor ausgebeutet wird, zuweilen viel Eisen enthält und mit dem Hastingssande viele der erwähnten Reptilien gemein hat.

Jura in Norddeutschland.

Erstreckung. Lagerung. An dem südlichen Saume des norddeutschen Flachlandes ziehen sich nördlich und westlich vom Harze eine Menge einzelner Berge und Hügelzüge hin, die im Ganzen von Südost nach Nordwest streichen und deren Kern gewöhnlich von den Schichten des Trias gebildet wird, während die Lippen rechts und links von diesen Kernen von Juraschichten zusammengesetzt werden. Der bedeutendste Zug dieser jurassischen Gebilde ist in der Gegend der Porta Westphalica entwickelt, die selbst weiter nichts ist als ein Querriss durch gewölbartig erhobene Schichten, die dem Jura angehören und welche sich bogenförmig, durch mannigfaltige Ueberlagerungen unterbrochen, doch in erkennbarem Zusammenhange von dem Hils zwischen Gandersheim und Eimbeck über Minden nach Bramsche erstrecken. Im Uebrigen sind diese jurassischen Gebilde nur hier und da, wie z. B. bei Rheine und Schüttdorf, fleckenweise an die Oberfläche getreten, indem sie sonst grösstentheils von dem aufgeschwemmten Lande oder von der Kreide überdeckt werden, welche beide Gebilde auch in die Niederungen zwischen den Juraerhöhungen eindringen und so den Zusammenhang der einzelnen Inselflecken nicht deutlich vor die Augen treten lassen. Ein breiter, auf dem Keuper auflagernder Streifen des Lias bildet den Teutoburger Wald und lässt sich noch in einzelnen Streifen südlich zwischen Detmold und Warburg verfolgen. Oestlich von der §. 18[illegible]

Weserkette sehen wir bei Hildesheim rund in der Umgebung des Elmwaldes und bei Halberstadt einzelne Flecken des unteren Jura, die ebenso wie unbedeutende Inseln bei Eisenach und Gotha im Thüringerbecken eine frühere Liasbedeckung dieser Gegenden nachzuweisen scheinen. Die ganze Zusammensetzung dieses norddeutschen Juragebildes schliesst sich am engsten an diejenige des englischen Jura an, eine Aehnlichkeit, die auch noch dadurch vollständig wird, dass das Wäldergebirge auch hier in ausgezeichnetem Maasse vorhanden ist. Einzelne Störungen abgerechnet, fallen die Schichten dieser jurassischen Gebilde so gegen Norden hin ein, dass sie einzelne Mulden bilden, welche durch Kreide- und Tertiärablagerungen erfüllt und durch Erhebungslinien getrennt sind, in welchen die Schichten der Trias zu Tage treten. Nur da, wo Gewölbbildung als bestimmendes Moment zur Entwickelung einer förmlichen Bergkette, der Weserkette, auftritt, sehen wir auch den mittleren und oberen Jura sich entwickeln, und es zeigt sich dadurch eine Gliederung in der Art, dass die höheren Theile der Juraschichten, der weisse und braune Jura mehr in dem Westen, die tieferen dagegen mehr im Osten hervortreten. So findet man das ganze Wesergebirge von Bramsche über den Durchbruch der Porta Westphalica hinaus bis zu dem Süntel fast ausschliesslich von mächtigen Lagern des mittleren und oberen Jura gebildet, an deren Durchbruchsflächen nur der Lias in schmalen Streifen hervortritt. An dem Deister zeigt sich besonders die Wälderformation entwickelt, und so finden wir, nach Osten fortschreitend bis zu der Hilsmulde im Hannoverschen stets höhere Jura- und Kreideschichten an den Höhenzügen zu Tage treten. Dagegen zeigen sich an den Faltungen der Schichten, welche dem nördlichen Harzrande parallel aus dem Schuttlande auftauchen, eine Menge von Aufbrüchen, wie namentlich bei Halberstadt, Goslar, Osterwiek, Braunschweig, in denen nur die untersten Lager, die dem Lias angehören, zu Tage treten und unmittelbar von der Kreide überdeckt werden. Weiter nach Osten findet man nur noch im Thüringerbecken bei Gotha und Eisenach einige höchst unbedeutende Flecken von Lias, der auf den Keuperschichten inselartig aufgelagert ist. In dieser ganzen Erstreckung stellt sich der Jura in folgender Weise dar.

§. 181. **Zusammensetzung. Unterer Lias. Mittlerer Lias. Oberer Lias.** Der untere Lias besteht aus grobkörnigen gelblichen Sandsteinen, dünn geschichteten sandigen und glimmerhaltigen

Mergellagern, eisenschüssigen Thonen, die undeutliche Pflanzenreste und hier und da eingestreuete Zwischenlager von Muschelconglomeraten zeigen. *Cardinia Listeri* findet sich besonders in diesen Muschelconglomeraten. Dann folgen dunkelblaue dichte Mergel mit Schwefelkies, oder gelbbraune eisenhaltige Sandsteine, oder dünngeschichtete eisenhaltige, fein oolithische Mergelkalke mit *Gryphaea arcuata* und *Ammonites Bucklandi*, womit als den wahren Vertretern des Gryphitenkalkes der untere Lias sich abschliesst.

Der mittlere Lias, auch Belemniten-Lias genannt, besteht aus grauen oder gelben feinkörnigen Eisensandsteinen, Thonmergeln mit Eisenoolithen und braunrothen Thoneisensteinen, die öfters ausgebeutet werden, und in ihren unteren Lagern hauptsächlich Belemniten (Belemnitenlias), in den oberen Knauer mit *Ammonites amaltheus* neben *Gryphaea cymbium* und Treibholz enthalten.

Der obere Lias besteht aus einem mächtigen Mergel- und Thongebilde, das sich am weitesten verbreitet zeigt und meist aus dunklen oder schwarzen Kalkmergeln von erdigem Bruche, aus mergeligen Thonen und reinen Thonen besteht, die stellenweise flachgedrückte Eisenknollen enthalten und besonders an der Basis des Gebildes sich bituminös zeigen. An einzelnen Stellen, wie z. B. bei Braunschweig, hat man in diesem oberen Lias drei Schichten unterscheiden wollen. An der Basis bituminöse Mergelschiefer, wegen der hauptsächlichsten Leitmuschel, *Posidonia Bronnii*, Posidonienschiefer genannt, darüber mergeligen Thon mit *Ammonites jurensis* und noch höher Thon und dunklen festen Kalkmergel, in welchem *Ammonites opalinus* und *Trigonia navis* als Leitmuscheln sich darstellen. Wenn auch diese Unterscheidung sich an anderen Orten vollkommen genau festhalten liesse, was nicht immer der Fall zu sein scheint, so würden doch jedenfalls diese drei Schichten zu einer grösseren Gruppe des oberen Lias zusammengehören.

Dogger. Der mittlere Jura, auch brauner Jura genannt, §. 182
beginnt mit dem Dogger, einem grobkörnigen, thonigen, dunkelbraunen Sandstein, mit sandigen Brauneisensteinlagern und in Schieferthonen eingeschlossenen Eisenknollen. An einigen Orten, wie z. B. bei Braunschweig, ist dieser Sandstein durch Thon mit Eisenknollen ersetzt; *Ammonites Parkinsoni*, *Humphresianus*; *Trigonia costata*, *Belemnites canaliculatus* sind charakteristische Versteinerungen dieses Doggers, über welchem sich nur an einzel-

nen Orten gelbliche Kalkmergel oder sandige Kalksteine mit Eisenknollen, die oft sehr kieselig werden, finden. Diese Schichten dürften dem Hauptoolithe Englands mit dem Eisenoolithe entsprechen. Bei Goerzen, in der Nähe von Alfeld, liegt darüber der Bradfordthon, der nach unten einen gelbbraunen thonigen Kalkstein darstellt.

§. 183. **Oberer Jura. Oxfordbildung. In der Weserkette.** Der obere Jura besteht in der Gegend von Braunschweig in seinem unteren Theile aus dunklem Thon mit Mergelknauern, in welchen *Ammonites Calloviensis*, *hecticus*, *Gryphaea dilatata* als Leitmuscheln vorkommen, während die oberen Lager aus einem milden, thonig-kalkigen Sandstein gebildet sind, der besonders *Ammonites triplex*, *Trigonia clavellata*, *Terebratula impressa* enthält. Weiter nach Westen hin hat man nur an dem Lindener Berge bei Hannover den den oberen Schichten entsprechenden Oxfordthon in Gestalt eines braunen Thones nachgewiesen.

Hierauf finden sich nun besonders in der Weserkette und in ihrer angegebenen Fortsetzung nach Osten hin vielfach wechselnde Schichtengruppen, in denen man besonders folgende, von unten nach oben sich an einander reihende Lager unterschieden hat. Zuerst weiche, braune, kalkige Sandsteine mit braunen quarzigen Kalksteinen und Oolithen, die viele Versteinerungen, darunter auch Baumstämme, enthalten; dann der Korallenkalk, dichte oder halbkrystallinische helle Kalksteine, in welchen besonders viele Korallen entwickelt sind und die nach oben in grauen oder röthlichen Dolomit mit zwischengelagerten Mergeln übergehen. Auf dem Dolomit lagern dann dichte graue Kalke, gelbliche Oolithe und feinkörnige thonige Sandsteine, die nach oben von graulichen sandigen Kalkmergeln gekrönt werden, welche dem Portlandkalke entsprechen.

§. 184. **Wäldergebirge. Deistersandstein.** Das Wäldergebirge tritt als hauptsächlichstes Glied der Bergbildung in der Nähe der Porta Westphalica sowie am Deister und am Süntel hervor und ist an vielen auf einer Linie zwischen Helmstedt und Bentheim gelegenen Punkten nachgewiesen. Der Purbeckkalk ist durch schwarze Mergel mit knolligem Thoneisenstein ersetzt, die aber nur an wenigen Orten bis jetzt aufgefunden worden sind; um so mehr ist ein weisslicher oder gelblicher Sandstein entwickelt, der dem Hastingssandstein entspricht und besonders die Kuppe des Deister bildet, weshalb man ihn auch den Deistersandstein

genannt hat. Am Süntel und bei Osnabrück enthält dieser Deistersandstein bauwürdige Kohlenflötze, welche zwischen dunklen Letten und Thonschiefern eingeschlossen sind. Ueber ihm lagert der eigentliche Wälderthon, der ganz dieselben Süsswasserversteinerungen finden lässt wie in England, und nach oben dünngeschichtete quarzfelsähnliche Lager oder Kalksteine enthält, die man mit dem Namen Serpulit bezeichnet hat. Mit diesen Kalksteinen schliesst die Wälderbildung nach oben ab, und ihre Entwickelung, die am Deister mehre hundert Meter erreicht, liefert das wesentlichste Verbindungsglied dieser norddeutschen Jurabildung mit derjenigen Englands. Die Aehnlichkeit wird auch dadurch noch mehr hervorgehoben, dass die Wälderbildung am weitesten nach Westen hin entwickelt ist, nach Osten hin allmälig aber verschwindet.

Jura in Oberschlesien. Deshalb zeigt denn auch ein grösseres, aber im Ganzen noch wenig gekanntes Juragebiet, welches in Oberschlesien zwischen der Oder und Wertha in der Umgebung von Tarnowitz entwickelt ist, weniger Aehnlichkeit mit diesem norddeutschen Jurazuge als mit demjenigen der Alpen, dessen Fortsetzung in diese Gegend hin durch Ablagerungen in Mähren und an den Karpathen angedeutet wird. Es lagern diese dem Lias angehörigen Thonschichten, die bei Rybnick, Ratibor, sowie andererseits von Grabow bis gegen Siewierz entwickelt und an vielen Orten sehr reich an Eisenstein sind, offenbar auf einem Muschelkalkzuge auf, der zwischen Tarnowitz und Oppeln sich erstreckt, von dem sie aber durch Geröllablagerungen getrennt erscheinen. Im Osten lagern dann auf diesen Liasschichten die höheren Juraschichten von Czenstochau. §. 185.

Jura in Frankreich.

Ausbreitung der jurassischen Gebilde in Frankreich (Fig. 170).

A England. *B* Canal. *C* Ocean. *D* Centralplateau. *E* Pariser Tertiärbecken. *F* Vogesen. *G* Ardennen. *H* Südalpen. *I* Mittelmeer.

1 Seine. 2 Loire. 3 Garonne. 4 Rhone. 5 Saône. 6 Isère. 7 Durance.

a Boulogne. *b* Honfleur. *c* Caen. *d* Rouen. *e* Paris. *f* Alençon. *g* Nantes. *h* Blois. *i* Orleans. *k* Niort. *l* Poitiers. *m* Bordeaux. *n* Cahors. *o* Rhodès. *p* Montpellier. *q* Marseille. *r* Gap. *s* Grenoble. *t* Valence. *u* Lyon. *v* Mâcon. *w* Genf. *x* Dijon. *y* Besançon. *z* Vésoul. *α* Troyes. *β* Châlons. *γ*. Bar-le-Duc. *δ* Nancy. *ε* Metz. *ζ* Auxerre. *η* Nevers. *ϑ* Bourges. *λ* Chateauroux. *μ* Meziers. *π* Angoulême.

§. 186. **Erstreckung. Südlicher Ring.** Die jurassischen Gebilde zeigen sich in Frankreich in Gestalt zweier Ringe, von denen der südliche mehr geschlossen, der nördliche dagegen gegen den Canal hin weit geöffnet ist, so dass das Ganze etwa die Gestalt einer Acht hat, welche über Nevers, Bourges, Chateauroux und Poitiers zu einem Knoten geschürzt ist. Der südliche Ring ist, wie schon bemerkt, fast vollständig geschlossen und umgiebt im Kreise das granitische Centralplateau Frankreichs mit den vulcanischen Kegeln der Auvergne, welche sich darüber erheben; nur im Osten findet sich eine Strecke, zwischen Valence und Lyon, wo der Kreis nicht vollkommen geschlossen ist, sondern die granitischen Gebilde unmittelbar bis zur Rhone reichen und auf dem linken Ufer derselben der Boden von Tertiärgebilden überdeckt wird. Mit Ausnahme dieser Stelle verfolgt man die jurassischen Schichten fast stets in vollständigem Zusammenhange von Valence südlich bis in die Nähe von Montpellier, von da, in nordwestlichem Zuge streichend, über Rhodès, Cahors und Angoulême bis nach La Rochelle wo sie das Ufer des Oceans erreichen und mit dem Zuge zusammentreffen, welcher den nördlichen Ring bildet. Von La Rochelle aus verfolgt man sie in nördlicher Richtung bis nach Nevers und Auxerre, von wo dann theils der östliche Schenkel des nördlichen Ringes abgeht und andererseits sich eine schmale Bande längs des Laufes der Saône verfolgen lässt, die mit Unterbrechungen an ihrem Ende bis nach Lyon hinabreicht. Auf diesem ganzen weiten Umkreise fallen sämmtliche Schichten von dem Mittelpunkte des Centralplateaus aus nach aussen hin ein, so dass man die tieferen Schichten theils unmittelbar auf dem Centralplateau und seinen granitischen Gesteinen, theils auf der Trias und dem Kohlengebilde auflagernd findet, während die höheren jurassischen Gebilde mehr nach aussen zu finden sind, wo sie von der Kreide und den Tertiärschichten überlagert werden. So findet man den Lias, wenn man auf

Fig. 170.



der Westseite des Ringes beginnt, in der Nähe von Villefranche unmittelbar auf dem Gneiss des Kohlenbeckens von St. Etienne auflagernd und verfolgt ihn von hier aus über Cluny, Givry, Sémur, Avallon, St. Pierre, Charenton, St. Amand, La Châtre bis in die Gegend von Montmorillon hin, wo nur einzelne Flecken, aber fast überall auf den krystallinischen Gebilden auflagernd, getroffen werden; dann trifft man den Lias wieder im Süden des granitischen Centralplateaus bei Turenne, Fons, Villeneuve als Auskleidung einer Art Bucht, welche von Privas aus über Joyeuse, Alois, St. Hypolite bis nach Mendé, Rhodès und Bedòrieux sich in das Bereich des granitischen Centralplateaus hineinzieht. Ueberall bildet der Lias nur einen schmalen Streifen, der weiter nach aussen hin von dem mittleren und dann wieder von dem oberen Jura überlagert wird, so dass man von dem Centralplateau aus, in welcher Richtung man auch gehen möge, stets die Schichten in ihrer Aufeinanderlagerung, zuerst die unteren, dann die oberen durchschneidet. Nach Westen hin in einem grossen Bogen, den man von Montmorillon über Larochefoucauld bis nach Terrasson ziehen kann, tritt der mittlere Jura unmittelbar bis an den Centralkern heran.

§. 187. **Nördlicher Ring. Westlicher Schenkel. Oestlicher Schenkel.** Der nördliche Ring, welcher das Becken von Paris in weitem Kreise umgiebt, verhält sich gerade umgekehrt, indem alle Schichten nach dem Centrum dieses Ringes einfallen und die tieferen Schichten demnach auf der Aussenseite, die höheren auf der Innenseite des Ringes erscheinen, während um das Centralplateau herum der innere Rand des Ringes von dem Lias, der äussere von dem oberen Jura gebildet wird. Dies folgt indessen einfach aus dem Umstande, dass der nördliche Ring den Rand eines Beckens darstellt, das aus drei Flügeln zusammengesetzt ist, welche auf verschiedenen älteren Massen aufgelagert sind, im Westen auf der Halbinsel der Bretagne, im Süden auf dem Centralplateau der Auvergne, im Osten auf den Gebirgszügen der Vogesen und der Ardennen. Jeder dieser verschiedenen Theile des Ringes zeigt nun die Auflagerung auf die älteren Gebilde, wodurch das Einfallen von diesen weg und damit die Muldenstellung der Schichten im Ganzen erzielt wird. Der westliche Schenkel des Ringes, welcher die Bretagne umgiebt, bildet die genaue Fortsetzung des jurassischen Bandes, welches England umzieht, so dass die Schichtenrichtung bei Caen und Bayeux vollkommen auf die gegenüberliegende Halbinsel Portland hindeutet, welche

die südlichste Spitze des englischen Jura bildet. Von Valognes, Bayeux, Caen und Honfleur, in deren Nähe dieser Schenkel die Küste des Meeres bildet, lässt er sich in nordsüdlicher Richtung über Alençon bis in die Nähe der Loire verfolgen, wo er bei Durtal durch die Kreidegebilde überlagert wird. Auf dem südlichen Ufer der Loire erscheinen die jurassischen Gebilde wieder bei Doué und schlingen sich nun so um die Südspitze der bretagnischen Halbinsel über Airvault, St. Maixent, Niort, Luçon und La Rochelle herum, dass sie in der Nähe dieser Städte das Meer erreichen und hier auch über Poitiers und Nevers durch ein Querband von höheren Juraschichten sich mit dem Ringe des Centralplateaus vereinigen. Der Beweis, dass die Lagerung dieses Schenkels mehr als ein die Bretagne umschliessendes Band aufgefasst werden muss, liegt darin, dass die Liasschichten überall, wo sie vorkommen, auf dem Granit und den Schiefern der Bretagne auflagern und dass sie namentlich an der südlichen Grenze dieser Gebilde bedeutend entwickelt sind. Man findet nämlich den Lias im Norden nur zwischen Valogne und Bayeux, während die Felsen des Calvados, die Gegend um Caen und Argentau und Alençon von dem mittleren, die. Gegenden von Honfleur und Mamers von dem oberen Jura gebildet sind. In der ganzen Erstreckung von Caen bis an die Loire findet man nur mittlere und obere Juragebilde und der Lias tritt erst wieder bei Thouars in die Erscheinung, wo er dann ein fast ununterbrochenes Band bis an das Meer bildet. Luçon, Niort, Lussignan und Poitiers liegen dann auf dem mittleren, La Rochelle, le Mans, St. Jean d'Angely und Angoulême auf dem oberen Jura.

Der östliche Schenkel des Ringes, welcher das Pariser Becken umgiebt, beginnt an der Küste des Canals bei Boulogne mit einem kleinen Flecken höherer jurassischer Gebilde, welche inselartig aus dem sie umgebenden Kreidegürtel auftauchen und, wie schon früher bemerkt, durch ihr Erscheinen die Richtung der Ardennenhebung andeuten, die sich noch weiter in das Gebiet des Wäldergebirges an der englischen Küste fortsetzt. In der ganzen Erstreckung von Boulogne bis Aubenton treten nun die Kreide- und Tertiärschichten unmittelbar an das Schiefer- und Kohlengebirge der Ardennen heran und verdecken so in der Tiefe die unzweifelhaft vorhandene Fortsetzung der Juraschichten. Diese beginnen bei Aubenton und bilden unmittelbar ein breites Band, welches überall auf den Mergeln der Triasbildung Lothringens und nur an seinem nördlichen Rande auf den Schiefern des rheinischen Gebirges aufruht. Die nördliche Grenze

dieses im Durchschnitte etwa 15 geographische Meilen breiten Bandes zieht sich von Aubenton über Messière und Arlon nach Luxemburg. Die Ostgrenze verfolgen wir von da aus über Thionville, Metz, Chateau-Salier, Nancy, Mirecourt bis nach Bourbon les bains, während die Westgrenze sich von Aubenton über Varennes, Clermont, Bar-le-Duc, Vassy, Bar-sur-Aube, Bar-sur-Seine nach Auxerre verfolgen läst. Ueberall ist die Ostgrenze von einem vollständig zusammenhängenden Bande von Lias, die Westgrenze von einem ähnlichen Bande oberer Juraschichten gebildet, während in der Mitte des Bandes die mittleren Juraablagerungen ausgebildet sind. Die Grenzen der einzelnen Formationen laufen fast parallel mit einander, und da die Kalkschichten derselben Terrassen bilden, deren abgeschnittene Schichtenköpfe nach Westen schauen, so ist dadurch eine Reihe verschiedener natürlicher Höhenlinien gegeben, welche von jeher in der Vertheidigung Nordfrankreichs gegen Angriffe von Osten her eine bedeutende Rolle gespielt haben. Der Lauf der Maas von Neuenburg bis nach Mézières giebt etwa die Richtung dieser parallelen Terrassen an. An der Südspitze der Vogesen angelangt, schlingt sich das jurassische Band in ähnlicher Weise um dieselbe nach Osten herum, wie der gegenüberstehende Schenkel sich nach Westen um die Bretagne herumschlang, und es wird so ein breiter Verbindungsarm jurassischer Ablagerungen gebildet, der den ganzen Raum zwischen Bourbon les bains und Dijon ausfüllt und über Vésoul und Besançon mit dem Juragebirge zusammenhängt, welches dann durch die Schweiz nach dem südlichen Deutschland in die würtemberger Alb sich fortsetzt. Wir werden diese Gebilde in einem besonderen Abschnitte behandeln, da der Jura hier sowohl wie in den Alpen ganz eigenthümliche Charaktere zeigt, welche mit denen der weniger aufgerichteten jurassischen Schichten, wie sie in den beiden beschriebenen Ringen sich zeigen, nicht ganz vollkommen übereinstimmen.

§. 188. **Lias. Etage sinémurien. Etage liasien. Etage toarcien.** Der Lias, den wir innerhalb der angegebenen Grenzen am Rande des Centralplateaus der Vogesen und der Bretagne finden, zeigt gewöhnlich an der Basis einen grobkörnigen, oft eisenhaltigen Sandstein, den Liassandstein, der seines Eisens wegen zuweilen ausgebeutet wird, vielfältig von Mergeln und Thonen überlagert ist, und die *Cardinia concinna* als Leitmuschel enthält. Ueber diesem ziemlich unbeständigen Gliede, das auch an vielen Orten von den Keuperschichten noch nicht gänzlich

getrennt ist, liegt in sehr beständiger Ausbildung der meist thonhaltige, dünnschieferige, schwärzliche Gryphitenkalk mit *Gryphaea arcuata*, der mit schwarzen Mergeln wechsellagert und mit dem Liassandstein jetzt als unterer Lias oder Stockwerk von Semur (*Etage sinémurien*) bezeichnet wird. Ueber diesen Kalken liegen die Schichten des mittleren Lias (*Etage liasien*), dunkelschwärzliche Thone und Thonschiefer, die überall von Eisenkies durchdrungen sind, der sich besonders an den Versteinerungen anhäuft; zuweilen finden sich statt der Thone Sandsteine, Sandkalke, gelbliche oder dunkle Kalke, worin als Leitmuscheln *Gryphaea cymbium* und *Ammonites margaritatus*. Der obere Lias (Stockwerk von Thouars; *Etage toarcien*) besteht aus gelben thonigen Kalken, glimmerigen Kalksteinen, welche oft bedeutende Eisenlager enthalten, oder auch in der Nähe der Bretagne aus bläulichen Kalken mit Kieselknollen bestehen, über denen compacte blaue oder gelbe Kalke lagern. Dunkle Mergel bilden oft die überwiegenden Zwischenlager dieser Schichten, in denen *Ammonites bifrons*, *radians*, *Posidonia Bronnii*, *Trigonia navis* wesentliche Leitmuscheln sind.

Etage bajocien. Der mittlere Jura besteht aus vielfach wechselnden Schichten, deren Eintheilung die grösste Schwierigkeit gemacht hat. In der Nähe von Bayeux und überhaupt in Calvados findet sich ein Eisenoolith (*Oolithe ferrigineuse*), ein schieferiger oder blätteriger, meist sehr poröser, grüner oder braunrother Oolith, der viele Eisenkörner enthält, zuweilen förmlich sandartig wird, an anderen Stellen an seiner Basis Sandkalke enthält und zuweilen durch Mergel oder Kalksteine ersetzt ist. Nach oben wird dieser Eisenoolith gewöhnlich vollkommen weich, dicht oder porös, zuweilen auch blau und thonig und wird dann überlagert von mächtigen Schichten eines blauen Thones oder Mergels, den man auch den Mergel von Port-en-Bessin genannt hat, und der der Walkererde von England entspricht. In diesem Mergel finden sich untergeordnete Schichten von Kalkknoten, Gypslagern, Kieselknollen und blätterigen Mergelkalken. Der ganze eben beschriebene Schichtencomplex über dem Lias wird in der neuesten Zeit als das Stockwerk von Bayeux (*Etage bajocien*) bezeichnet. §. 189.

Etage bathonien. Das Stockwerk von Bath (*Etage bathonien*) beginnt mit dem Hauptoolith, der eine der wesentlichsten Kalkterrassen in Frankreich bildet und an vielen Orten als vortreffliches Baumaterial ausgebeutet wird. Man bezeichnet ihn §. 190.

auch ziemlich allgemein als Kalk von Caen (*Calcaire de Caen*); nur höchst selten zeigt er eine oolithische Structur, meist ist er weiss oder gelblich, hinreichend dicht und weich, um gesägt werden zu können, oft äusserst hart und dicht, dann wieder erdig, so dass er selbst die Finger schmutzt. Die dichten Kalke bestehen meistens aus kleinen Spathlamellen, zerbrochenen Schalen und enthalten eine Menge von Korallen und anderen Versteinerungen, unter welchen *Ammonites macrocephalus*, *discus*, *Ostrea acuminata*, *Terebratula digona* die hauptsächlichsten Leitmuscheln bilden. An der Basis finden sich meist eisenhaltige, gelbe, blätterige Kalkbänke. Auf der Höhe des Kalkes mit Korallen schieferige, compact graublaue, marmorartige Kalke, welche man dem *Forest marble* verglichen hat, die aber keine durchgreifende Absonderung von dem Hauptoolithen zeigen.

§. 191. **Etage callovien. Etage oxfordien.** Auf den Hauptoolithen folgt der untere Oxfordthon (*Argile de Dives*), ein weit verbreiteter, überall leicht kenntlicher Horizont graublauer Thone, die namentlich in Calvados an den steilen Abstürzen der Meeresküste, besonders in den unter dem Namen *Vaches noires* bekannten Felsen ausgezeichnet entwickelt sind. *Gryphaea dilatata*, *Terebratula diphya*, *Ammonites Jason* sind die hauptsächlichsten Leitmuscheln dieser Mergel, die an einzelnen Orten mit einem gelblichen Kalk wechsellagern und unter dem Namen *Etage callovien* den Kelloway-Schichten der Engländer jetzt parallelisirt werden. Ueber ihnen finden sich dann wieder graublaue oder schwarze Mergelthone mit bläulichen Kalken, weisslichen Oolithen, zuweilen auch mit kalkigen Sandsteinen, eisenschüssigen Oolithen und kreideähnlichen Kalken mit Kieselknollen, die man als eigentlichen Oxfordthon (*Etage oxfordien*) unterschieden hat, deren Scheidung in geologischer und paläontologischer Hinsicht aber nur an den wenigsten Orten gelingen dürfte.

§. 192. **Etage corallien. Etage kimméridgien. Etage portlandien.** Hierauf folgt der eigentliche Korallenkalk (*Etage corallien*), meist dichter oder mergeliger, selten oolithischer Kalk, der, wie der Hauptoolith, eine mächtige Kalkterrasse bildet, meist aus Korallenbänken zusammengesetzt ist und eine grosse Ausdehnung besitzt.

An einigen wenigen Orten, namentlich bei Boulogne und Auxerre, findet sich über dem Korallenkalke ein gelber oder blauer Mergelthon, mit sandigen Kalken wechsellagernd, der Kimmeridgemergel (*Etage kimméridgien*), welcher an denselben

Orten von weissen compacten, zuweilen schieferigen oder kieseligen Kalksteinen überlagert wird, die dem Portlandkalke entsprechen und als *Etage portlandien* mit den Leitmuscheln *Ammonites giganteus*, *Trigonia gibbosa* und *Ostrea Bruntruthana* unterschieden werden.

Das Juragebirge in der Schweiz und im südwestlichen Frankreich.

Ausbreitung. Es beginnt diese weite Ablagerung jurassi- §. 193.
scher Gebilde auf dem nördlichen Ufer des Rheines, in der Nähe von Schaffhausen, wo sie durch den hohen Randen mit dem süddeutschen Jura, mit der würtembergischen Alb zusammenhängt. Von dort aus zieht sich das Gebirge bogenförmig nach Südwesten, und man kann es in einer langen Linie von Baden im Aargau aus über Aarau, Aarburg, Solothurn, Biel, Neuenburg, Iverdon, Lasarraz, Gex bis zum Fort l'Ecluse an die Rhone verfolgen. Ueberall auf dieser ganzen Linie hebt sich das Gebirge mit steilen Abhängen aus dem Plateau der hügeligen, aus Mollasse gebildeten Mittelschweiz hervor, und es finden sich nur wenige inselartige Vorsprünge, unter welchen die Lägerenkette bei Baden im Aargau vorzüglich zu nennen ist. Im Süden des Fort l'Ecluse bleibt die Jurabildung so ziemlich auf dem westlichen Ufer der Rhone, springt aber in der Gegend des Lac de Bourget nach Osten hinüber, um sich dort mit dem Jura der savoyischen Alpen zu verbinden. Der westliche Abhang des Gebirges lässt sich von der Südspitze des Schwarzwaldes über Laufenburg, Rheinfelden an Basel vorbei nach Delle und Montbelliard hin verfolgen, wo er dann mit dem jurassischen Zuge zusammentrifft, welcher die Vogesen umgiebt. Dass der ganze Schwarzwald und die Vogesen rundum von Juragebilden umgeben waren, die aber in dem Rheinthale versunken und durch mächtige Anschwemmungen verdeckt sind, zeigen einzelne inselartige Flecken, welche auf der ganzen Länge dieser beiden Gebirgsketten an der dem Rheine zugewandten Seite sich finden. So im Badischen, zwischen Wisloch und Langenbrücken, bei Lahr, bei Freiburg, bei Mühlheim; und auf dem linken Rheinufer bei Buxweiler, Obernrhein, Pappolsweiler und Ruffach. Der Zusammenhang des Mont Jura mit dem östlichen Flügel der französischen Juragebilde, die das Becken von Paris und das Centralplateau umgeben, wird durch ein breites Band bewerkstelligt, das zwischen Besançon und Montbelliard nach Westen sich erstreckt. Unterhalb

Besançon verfolgt man dann wieder die Grenzen des jurassischen Gebietes, die überall unter die Anschwemmung der Bresse untertauchen, über Salins, Sous-le-Saulnier nach Cuiseaux, St. Amour, St. Rambert bis in die Gegend von Bourgoin, wo die späteren Ablagerungen ebenfalls die Fortsetzung überdecken.

§. 194. **Aeussere Bildung. Thäler. Aufbrüche. Bildung des ganzen Gebirges.** Ueberall in diesem ganzen Bereiche zeigt sich das Gebirge mit demselben Charakter, hohe, eintönige Kalkmauern von den zerrissenen Schichtenköpfen gebildet, an deren Fusse meist in der Tiefe der Thäler die unteren Schichten zu Tage gehen. Die mit den Kalken wechsellagernden Mergel bilden an dem Fusse der Kalkmauern sanftere Abhänge. Auf ihrer Aussenseite ist die ganze Kette von Biel an bis zu ihrem südlichen Ende mit einer Schichtenfolge harter Kalksteine bekleidet, welche der Kreide angehören und deren Entwickelung successiv nach Süden zunimmt; wie denn überhaupt die höheren Gebilde um so mehr sich ausbilden und die Aufbrüche bis zu dem Lias und der Trias um so seltener werden, je weiter nach Süden man vordringt. Die Kreide- und Mollassenbildungen füllen viele innere Thäler bis zu einer gewissen Höhe aus. Die Thäler selbst zeigen mehr oder minder eine Längsrichtung und bestehen seltener aus wellenförmigen Einbiegungen der Schichten, als vielmehr aus Rissen, die von zwei Lippen begrenzt werden, von welchen gewöhnlich die eine höher als die andere ist.

Fig. 171.

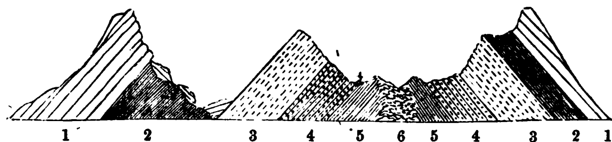


Plan eines Aufrissthales (Ruz) im französischen Jura.

Gewöhnlich enden die Thäler in einem halbkreisförmigen Amphitheater, an dessen Basis die tieferen Schichten zu Tage treten, während die höheren fast senkrechte Abstürze bilden. Solche Amphitheater heissen Combes. Durch Querthäler (Cluses) münden die einzelnen Längsthäler nach der Ebene hin aus; meistens sind solche Querthäler ausserordentlich eng mit steilen, senkrechten Wänden. Beispiele sind die Thäler von Münster, vom Fort l'Ecluse, die Cluse von Balstal u. s. w. Man hat je

nach der Tiefe des Aufbruches Ketten und Hebungen mehrer Ordnungen unterschieden; so die Ketten erster Ordnung, bei welchen nur die oberen Decken der Juragebilde durchbrochen sind; die Ketten zweiter Ordnung, wo der Riss bis auf den mittleren, die dritter und vierter Ordnung, wo es bis auf den unteren Jura und in die Trias sich fortsetzt. Der hier beigefügte Querdurchschnitt des Bärschwyler Thales bietet eines der schönsten Beispiele für die Structur dieser Thäler des Jura. In der Mitte die gegen einander gestellten Schichten des Keupers, einen zerbröckelten Gypsknoten umschliessend, und an diese angelehnt in gleichmässiger Folge die übrigen Gebilde. Die harten Kalke

Fig. 172.



Querdurchschnitt des Thales von Bärschwyl im Solothurner Jura.
1 Portland- und Korallenkalk. 2 Oxfordmergel. 3 Unterer Oolith. 4 Lias. 5 Keuper. 6 Gyps.

des Ooliths bilden die erste, innerste Lippe des Aufrisses; die äusserste ist von dem Portlandkalke gebildet, der auf der einen Seite in weit bedeutenderer Masse entwickelt ist. Die einzelnen Ketten lassen sich ebenfalls meist je nach dem Grade dieser Aufbrüche und den Verwerfungen, die dabei stattgefunden haben, genau charakterisiren. So erscheint in dem beigefügten Querdurchschnitt (Fig. 173 a. f. S.) die Kette des Weissensteines als die einfachste, da der Grund ihrer Thäler von dem Oxfordmergel gebildet wird und nur der zerrissene Portlandkalk die Lippen der Thäler darstellt. In der Kette des Hauensteines geht der Riss schon bis auf den Lias; die inneren Lippen der Thäler sind vom Oolith gebildet und der Portlandkalk nur stellenweise als äussere Bekleidung vorhanden. Beim Passwang wiederholt sich dies Verhältniss; im Mont terrible aber brechen die Schichten bis zum Muschelkalke auf, der als domförmige Erhebung in der Mitte der Thäler auftritt.

Betrachtet man das Gebirge im Ganzen, so sieht man, dass die Form der Ketten hauptsächlich von Verwerfungen abhängt, die schon vor der Bildung der Ketten selbst vorhanden sein mussten und wodurch die einzelnen Lippen der Aufbrüche in ihrem Niveau verändert wurden. Da die Aufbrüche meist mit der Richtung des Gebirges selbst laufen, so findet sich stets

eine französische und eine schweizerische Lippe, von denen gewöhnlich die letztere bei weitem höher ist, so dass der Aufbruch nach Frankreich hingewendet und von dort aus am leichtesten sichtbar ist. Die Ketten im Ganzen bilden eine Menge paralleler Faltenbiegungen und sind meistens, ohne ihre Natur zu ändern, nach der französischen Seite hin convex. Die Verwerfungslinien scheinen nicht nur in dem Gebirge selbst sich fühlbar zu machen, sondern auch in der Mollasse der ebenen Schweiz und bis in die Alpen hinein; so dass aus allen diesen Verhältnissen hervorzugehen scheint, dass die Ketten des schweizerischen Jura durch einen gewaltigen, von den Alpen ausgehenden Seitendruck, durch Stauchung aufgeworfen worden sind; weshalb denn auch die Verwerfungen und Faltenbiegungen in dem Verbindungsarme zwischen dem schweizerischen und französischen Jura um so seltener werden, je weiter man von Besançon nach Osten vordringt.

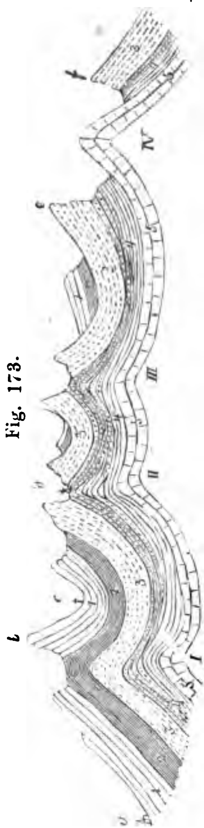


Fig. 173.

Querdurchschnitt eines Theiles des schweizerischen Jura.

1 Portland- und Korallenkalk. 2 Oxfordmergel. 3 Unterer Oolith. 4 Lias und Keuper. 5 Muschelkalk.

I Kette des Weissensteins. *II* Der Hauenstein. *III* Der Passwang. *IV* Der Mont Terrible.

a Egerkingen. *b* Die Hohefluh. *c* Bärschwyl. *d* Schönthal. *e* Der Rehhag. *f* Der Renken.

§. 195. **Gliederung der Schichten. Lias. Liassandstein. Gryphitenkalk. Liasmergel. Oberer Lias.** An der Basis der jurassischen Schichten finden sich an einzelnen Orten, wie bei Schaffhausen und im Aargau Liassandsteine mit *Cardinia concinna*; an den meisten anderen Localitäten aber findet man den bräunlichen oder graublauen Liaskalk mit ungemein viel eingebackenen Gryphiten, der fast sämmtliche Thäler von Baselland auskleidet, und ausserdem noch die Lippen der Thäler von Waldenburg und Bärschwyl, der Röthifluhe bei Solothurn und des Aufbruchthales von Salins bildet. Auch in der Umgegend von

Besançon und Sous-le-Saulnier tritt der Liaskalk, zuweilen durch dünne Schiefermergel ersetzt, an den Tag. Er ist fast überall von den mittleren Liasmergeln überlagert, bituminöse dunkelgraue oder blauschwarze, oft schieferige Mergel, welche mit rauchgrauen compacten Mergelkalksteinen wechsellagern, die besonders nach oben zunehmen. *Gryphaea cymbium*, *Terebratula numismalis*, zahlreiche Belemniten, *Ammonites margaritatus* und *Plicatula spinosa* charakterisiren diese Schichten. Der obere Lias besteht in seiner Basis aus bituminösem schwarzem Schiefer mit linsenförmigen Kalkknollen und Eisenlagern, dann aus bläulichen Mergeln mit Schwefelkiesen, die auch in den Elsass hinein bei Gundershofen vorzugsweise entwickelt sind und *Trigonia navis* als auszeichnende Muschel enthalten, und endlich auf der Höhe aus mürben kalkigen Sandsteinen mit Pflanzenresten und Zwischenlagern von rothgrauen Mergeln, welche den *Ammonites opalinus* als ausgezeichnete Leitmuschel enthalten. Der Lias ist meist mit reicher Vegetation bedeckt und bildet Halden in die Tiefe der Thäler hinab.

Eisenoolith. Hauptoolith. Vesoulmergel. Oberer Oolith. Dalle nacrée. Die Felsbildung beginnt erst mit dem Eisenoolith, dünnen Bänken braunrother Spathkalksteine, die mit eisenschüssigen Sandmergeln wechseln, oft Nester von Eisenkörnern enthalten und mit dem oberen Liassandsteine häufig so verwachsen sind, dass eine Trennung kaum möglich ist. Der Eisenoolith hat im Mittel 8 Meter Mächtigkeit; auf ihm lagert der Hauptrogenstein (*Calcaire laidonien*; *Oolithe subcompacte;* Lonskalk), bräunlich oder gelblich grauer, oft blaugefleckter dichter Kalkstein mit unebenem rauhen Bruche, zuweilen fein oolithisch, zuweilen ganz aus spathigen Theilen zusammengebacken, die Schichten gewöhnlich dick, seltener plattenförmig, in den oberen Lagern viele Korallen und Kieselknollen, die Versteinerungen meist zertrümmert und mit dem Gesteine verwachsen, so dass sie nur schwer bestimmbar sind. Die Formation dieses Ooliths, den man auch Polypenkalk genannt hat, ist auf nur wenige Gegenden in Baselland, sowie bei Salins und Besançon beschränkt. Einen ausgezeichneten Horizont bilden über dem Oolith die Vesoulmergel (*Marnes vésuliennes*, Discoideenmergel, *Marnes à Ostrea acuminata*, *Marne à foulon*), graugelbe, bläuliche oder röthliche Mergel mit haselnussgrossen Kalkknollen und Einlagerungen oolithischer Kalksteine; *Holectypus dipressus*, *Ostrea acuminata*, *Terebratula concinna* sind die ausgezeichnetsten Leit- §. 196.

muscheln dieser Mergel. Ueber ihnen lagert der obere Oolith (*Calcaire roux sableux*, *Grande oolithe*), hellgraue, weisse oder röthliche, oolithische Kalksteine mit hirsekorngrossen Oolithen und schlecht erhaltenen Versteinerungen, die zuweilen in unreine, sandige oder mergelige Kalksteine übergehen und von graublauen feinen Kalken hier und da überlagert werden, die man besonders dem *Forest marble* verglichen hat. Als oberste Schicht endlich zeigt sich der Cornbrash (Perlmutterkalk, *Dalle nacrée*), dünngeschichteter, blassgelber, in schieferige Platten springender Kalkstein, aus einer Menge glänzender Blättchen bestehend, die von Spathkrystallen, Muschelresten und Oolithenkörnchen herrühren, stellenweise verkieselt sind, zelligen Quarzfels enthalten und vorzugsweise zu Mauerplatten, ja selbst zu groben Dachschiefern benutzt werden. Die zahlreichen Versteinerungen dieses ziemlich beständigen Horizontes sind meist zertrümmert.

§. 197. **Fer Sous-oxfordien. Marnes Argoviennes. Lettstein. Terrain à Chailles. Korallenkalk. Nerineenkalk.** Alle bisher angeführten Schichten werden häufig im Ganzen als unterer Oolith zusammengefasst, was auch darin begründet ist, dass diese Gesteine für sich eine bestimmte Stufe in der Thalbildung herstellen; andere und namentlich neuere Geologen setzen aber die Grenze des unteren Oolithes erst höher über den Oxfordthon. Wie dem auch sei, so folgt eine Gruppe gelblicher oder graubläulicher rauhbrüchiger Mergelkalke von schieferiger Structur, die leicht an der Luft zerfallen, viele linsenförmige Eisenkörner enthalten und die besonders bei Salins entwickelt sind. Es entsprechen diese auch als oberer Eisenoolith (*Fer sous-oxfordien*) bezeichneten Mergelkalke dem Callovien oder Kelloway der Engländer. Im schweizerischen Jura findet sich diese Stufe mehr als Einlagerung in die unteren Oxfordmergel, die unmittelbar darauf liegen und einen ausgezeichneten Horizont im ganzen Jura herstellen. Es sind dunkelblaue, fette, stark aufbrausende, oft bituminöse Mergel mit verkiesten Petrefacten und Schwefelkiesknollen, leicht an der Luft verwitternd, und nach oben hin in bläuliche Mergelkalke und schieferige Sandsteine übergehend, in denen die Versteinerungen ihre Kalkschalen behalten haben. Im oberen Aargau sind diese Aargauer Mergel (*Marnes argoviennes*) zu schieferigen Mergelkalken geworden, die unter dem Namen Lettsteine bekannt sind und kopfgrosse Schwämme enthalten. Nach oben hin entwickeln sich diese Aargauer Mergel zu dem Oxfordkalk oder Knotenkalk (*Terrain à chailles*, Quader-

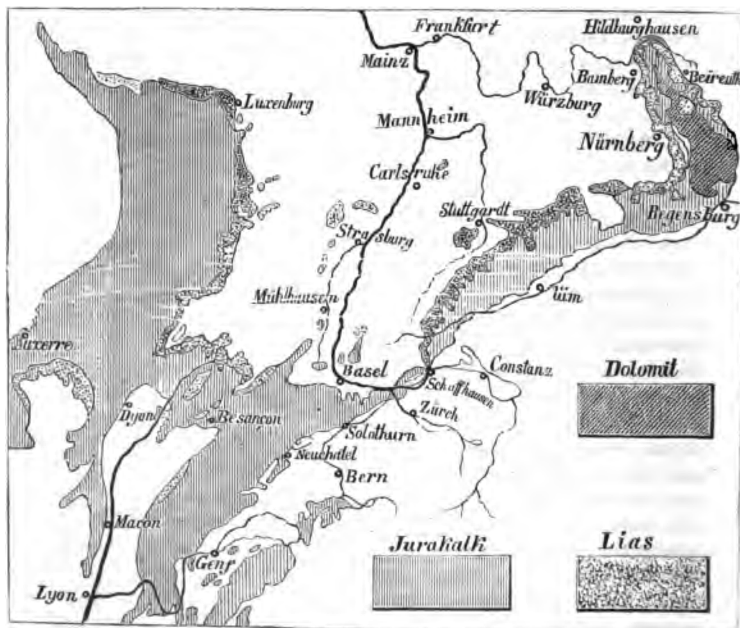
stein, *Oxfordien supérieur*, Spongitenkalk), mergeligen Kalkbänken von blauer oder Ockerfarbe, die eine Menge rundlicher, kugelförmiger oft kopfgrosser Kieselconcretionen enthalten, welche beim Verwittern aus den Mergelkalken hervorstehen und so einen ausgezeichneten Horizont bilden. Die Versteinerungen sind äusserst zahlreich und in seinen oberen Lagern meistens verkieselt. Allmälig gehen diese Knotenkalke in den eigentlichen Korallenkalk über, der fast überall aus förmlichen Korallenbänken besteht, wo dann in dem Zwischenraume zwischen den Korallen der Kalk meistens zerreiblich und kreideähnlich wird. An anderen Stellen hat er dagegen ein feines Korn, graue oder weisse Farben und mächtige Schichten, welche hauptsächlich die schroffen Felsriffe an den höheren Durchrissen der Gewölbe bilden. In der Umgegend der Korallenbänke ist dieser Kalk oft nur aus Trümmern von Versteinerung zusammengebacken, unter welchen sich besonders viele Seeigelstacheln auszeichnen. Einzelne Bänke in den oberen Lagern, die fast nur aus Schalen der *Nerinea bruntruthana* zusammengebacken sind, wurden als Nerineenkalk (*Calcaire à nérinées*) besonders ausgezeichnet. Mit diesem Korallenkalke schliesst man allgemein den mittleren Oolith nach oben ab.

Astartien. Ptérocérien. Virgulien. Der obere Jura §. 198.
bildet an vielen Orten nur eine einzige zusammenhängende Masse, in welcher einzelne Unterabtheilungen nicht gefunden werden können, während an anderen Orten schärfere Grenzlinien existiren. Nach genaueren Untersuchungen unterscheidet man jetzt wesentlich folgende Stufen. Zuerst die sogenannte Astartenstufe (*Corallien supérieur*, *Portlandien inférieur*, *Groupe séquanien*, *Sous-groupe astartien*), an der Basis aus bläulich grauen, weisslichen, sandigen Mergeln bestehend, zwischen denen feine Kalk- und Sandschiefer eingelagert sind und die viele Fossilien enthalten, worunter besonders die *Astarte gregaria*. Nach oben gehen die Mergel in den Astartenkalk über, feine dichte Kalke mit muscheligem Bruche und zuweilen mit weisslichen Kieselnieren. Hierauf folgt die zweite oder Pterocerenstufe (*Groupe Kimmeridgien*). An der Basis aus hellbraunen sandigen Kalkbänken bestehend, die bald in sandige, erdige, gelbliche oder grünliche Mergel übergehen, welche mit mergeligen Kalkschichten wechsellagern, die besonders bei Pruntrut einen ausgezeichneten Horizont bilden. Nach oben liegen compacte Kalke mit zahlreichen Spathnestern, die meist eine röthliche Farbe, muscheligen Bruch und schieferige Structur zeigen. *Pteroceras oceani*, *Astarte subclathrata*

sind Hauptleitmuscheln dieser Schichten, die sehr verbreitet sind und bei Solothurn viele Versteinerungen von Schildkröten enthalten. Die oberste Stufe endlich hat man als die Virgulastufe bezeichnet. An ihrer Basis liegen dünne, bald bräunliche und dichte, bald weisse, dem Korallenkalk ähnliche Kalksteine, die aber bald durch dünne graue Mergel ersetzt werden, in welchen die *Exogyra virgula* oft ganze Bänke bildet. Ueber diesen Exogyrenmergeln liegen dann besonders in dem südlichen Jura mächtige Bänke eines bald dichten erdigen, bald spathigen, breccienartigen oder oolithischen Kalkes, der oft zahllose Nerineen enthält, und je weiter man nach Süden kommt, desto mehr mit den übrigen Stufen des oberen Juras in eine einzige gewaltige Kalkmasse zusammenschmilzt, welche bis zu den Oxfordmergeln hinab keine deutlichen Abscheidungen gewahren lässt.

Jura im südlichen Deutschland.

Fig. 174.



Ausbreitung der jurassischen Gebilde im südlichen Deutschland, der Schweiz und dem nordwestlichen Frankreich.

Ausdehnung. Lagerung. Farben. Schwarzer Jura. Brauner Jura. Weisser Jura. Bezeichnung der Schichten. Der Jura im Süden von Deutschland bildet einen weiten Bogen, der besonders in der Gegend von Regensburg sich stark krümmt, indem sein südlicher Schenkel von Schaffhausen aus von Südost nach Nordwest, der nördliche dagegen fast von Süd nach Nord mit etwas Abweichung gegen Osten hinstreicht. Der südliche Schenkel ist wesentlich unter dem Namen der rauhen Alb, der nördliche unter demjenigen der fränkischen Schweiz bekannt. In dem ganzen Umkreise dieses Bogens zeigen die Schichten eine successive Auflagerung von West nach Ost, so dass man die tieferen Lager in dem Hügellande nach dem Schwarzwalde zu, die höheren auf dem äusseren Umkreise des Bogens suchen muss, wo sie überall unter die Mollasseschichten der schwäbisch-baierischen Hochebene einschiessen. Der Lauf der Donau von Sigmaringen bis Regensburg, und das Thal der Vils und unteren Nab bezeichnen etwa die Einschnittsgrenze zwischen dem Abhange der Juraschichten und den auflagernden jüngeren Gebirgsbildungen; und es geht aus dieser Lagerung deutlich hervor, dass überall die Schichten auf den Triasbildungen, welche die Vogesen, den Odenwald und Thüringerwald umgeben, in unmittelbarer Folge auflagern. §. 199.

In der ganzen bezeichneten Erstreckung zeigt sich in den verschiedenen Schichtenlagern eine mehr oder minder durchgreifende Verschiedenheit der Farbe, der Zusammensetzung und der orographischen Verhältnisse, wonach man drei Hauptgruppen unterschieden hat, den schwarzen Jura, der den Lias in seiner Gesammtheit begreift und der wesentlich aus Thonen und Mergeln besteht, den braunen Jura, hauptsächlich dem unteren Oolith entsprechend und vorzugsweise aus Sandstein bestehend, und den weissen Jura, in dem die Kalksteine eine bedeutende Mächtigkeit zeigen. Der schwarze Jura bildet ein flaches Hügelland, das wie ein Teppich am Fusse des Gebirges sich ausbreitet, überall durch seinen Wasserreichthum ein fruchtbares Gelände mit sanften Formen darstellt, und gewöhnlich von den Flussthälern so tief eingeschnitten wird, dass die Keuperschichten an seiner Basis hervortreten. Stühlingen, Speichingen, Balingen, Hechingen, Reutlingen, Stuttgart, Nürtingen, Göppingen, Gmünd, Ellwangen, Nördlingen, Ettlingen, Nürnberg, Bamberg, Lichtenfels, Baireuth liegen in der Zone des schwarzen Jura, der sich von Bamberg über Lichtenfels, Koburg und Baireuth bis gegen Kreuss hin, wie ein Haken um die Nordspitze des Gebirges, zwischen dieses

und das Fichtelgebirge hineinschlingt. Der braune Jura, dessen Zone weit schmäler ist, tritt hauptsächlich nur als mehr oder minder steiler Abhang an dem Fusse des Gebirges hervor, überall von tiefen Wässerungen und Bachbetten durchfurcht. Die Alb selbst steigt mit gewaltigen schroffen Abstürzen, die alle nach Nordwesten gekehrt sind, unmittelbar über diesen Abhängen aus der Tiefe herauf und bietet dann auf ihrer Höhe ein unfruchtbares, wasserarmes Hochplateau, das allmälig nach Südosten hin sich absenkt. In dem ganzen Bereiche der rauhen Alb kann man kaum einen tieferen Thalriss finden und diese sind auch in dem fränkischen Jura seltener, obgleich an der Nordspitze des Gebirges in der fränkischen Schweiz, zwischen Bamberg und Baireuth, allerdings tiefere Thalrisse und deshalb eine grössere Mannigfaltigkeit der Oberflächenbildung sich zeigt. Das ganze Hochplateau zeichnet sich auf jeder Karte durch den Mangel an grösseren Orten, ja selbst an Städtchen und Dörfern aus.

Die einzelnen Schichten, sind besonders in dem schwäbischen Jura, theils nach Leitmuscheln, theils auch mit griechischen Lettern bezeichnet worden, eine Bezeichnung, die jedenfalls eine ungeeignete sein dürfte, da die Leitmuscheln bei localer Verbreitung vielfach wechseln und die griechischen Buchstaben, da man sie mit jeder Abtheilung des schwarzen, braunen oder weissen Jura von Nauem beginnt, in dem Augenblicke unbrauchbar werden, wo man die Grenzen dieser Formationen in Uebereinstimmung mit anderen Ländern auch anders legt.

§. 200. **Schwarzer Jura. α Concinnensandstein. Psilonotenbank. Gryphitenkalk. β Turnerithon. γ Numismalisthon. δ Amaltheenthon. ε Posidonienschiefer. ζ Jurensismergel.** Der schwarze Jura beginnt mit dem Concinnensandsteine (α), dunkle Kalkbänke und Thone mit Duttenmergeln, welche bei der Verwitterung einen gelben lockeren Sandstein (Malmstein) bilden, in denen *Cardinia concinna* und *Ammonites psilonotus* besondere Leitmuscheln sind. Hierauf folgen die gewöhnlichen Gryphitenkalke (Arietenkalke), meist hart, dicht, von graublauer Farbe, mit einer Mergelbank an der oberen Grenze, der Pentakrinenbank, die von Stielgliedern des *Pentacrinus basaltiformis* überfüllt ist. Ueber diesen folgen die Turnerithone (β), dunkle Kalke (Betakalke) oder bituminöse Schiefer, die bei der Verwitterung in eckige Bruchstücke thonigen Schieferlettens zerfallen, braungelb werden, viel Schwefelkies und verkieste Versteinerungen enthalten, unter welchen *Ammonites Turneri* die lei-

tende Muschel ist. Der mittlere schwarze Jura besteht aus zwei Mergel- und Thonlagern, an der Basis die Numismalisthone (γ) mit *Terebratula numismalis*, grauscheckige Steinmergel, rostige Thonmergel, die sich leicht schiefern und in lichte, pflasterartig zerberstende Kalksteine hier und da übergehen, in welchen verkalkte Versteinerungen mit rostigen Schalen stecken. Ihnen folgen dunkelschwarze, fette Thonletten mit Knollen von Thoneisenstein, vielen verkiesten *Pentacrinen*, *Belemniten* und *Ammonites amaltheus*, die Amaltheenthone (δ). Der obere schwarze Jura beginnt mit den Posidonienschiefern (ε), bituminösen, schwarzgrauen, starkbrausenden elastischen Schiefern, die oft ihres grossen Gehaltes an Bergöl wegen als Brandschiefer benutzt werden, mit Lagern von Steinkalken wechseln und verkieste Versteinerungen enthalten, unter denen besonders die Reptilienreste bei Boll und *Posidonia Bronnii* sich auszeichnen. Lichtgraue Kalkmergel mit vielen *Belemniten* und *Ammonites jurensis*, die Jurensismergel (ζ), bilden nach den meisten deutschen Geologen die obere Grenze des oberen schwarzen Jura.

Opalinusthone, α. Brauner Jura. β. Eisenoolith. γ. Blaue Kalke. δ. Giganteusthon. ε. Parkinsonithon. ζ. Ornatenthon. Auf diesem lagern die Opalinusthone, schwarzscheckige Kalkmergel mit braunen Thoneisensteinknollen, in welchen die Versteinerungen eine vortreffliche Erhaltung der meist blendend weissen, perlmutterartig glänzenden Schale zeigen. *Ammonites torulosus* in den unteren, *Ammonites opalinus* und *Trigonia navis* in den oberen Schichten sind die wesentlichsten Leitmuscheln dieses Stockwerkes, das wohl noch unzweifelhaft zum Lias gehört, aber gewöhnlich als brauner Jura (α) bezeichnet wird. Ihm folgt der Eisenoolith (β), quarzreiche, weiche, gelbbraune Sandsteine und Sandmergel mit vielem Eisen, das oft pulverförmige Schichten zwischen den Sandsteinen bildet, die nach oben in schwarze mit dünnen Kalkbänken wechselnde Letten übergehen. Alle diese Schichten enthalten den *Pecten personatus* als Hauptleitmuschel. §. 201.

Der mittlere braune Jura beginnt mit harten, blauen, zu Bausteinen und Strassenmaterial ausgebeuteten Kalken (γ) mit *Pecten demissus* und *Ammonites Sowerbyi*, die nach oben in dunkle Mergel mit *Belemnites giganteus* (δ) und thonige und mergelige Kalke (Ostreenkalke) übergehen, mit Mergeln, Mergelthonen und Letten abwechselnd, die hier und da Eisenkörner und den *Ammonites bifurcatus* enthalten und selbst förmlichen Eisenoolith bilden.

Der obere braune Jura beginnt mit den Parkinsonithonen (ε), dünngeschichteten, schieferigen Letten, welche zu schwarzen, schwefelkiesreichen, fetten Thonen verwittern, verkieste Petrefacten enthalten, unter welchen besonders *Ammonites Parkinsoni* (*Macrocephalus*), und die nach oben in harte, rothbraune, eisenhaltige Oolithe übergehen, welche vielfach zur Eisengewinnung ausgebeutet werden.

Als letztes Glied des oberen braunen Jura folgen die Ornatenthone (ζ), bituminöse Thone mit verkiesten Petrefacten, unter denen besonders kleine Krebse und *Ammonites ornatus*. Nach oben schliesst diese Stufe mit in ähnlicher Weise wie in der vorigen gebildeten, nur an einzelnen Orten entwickelten Eisenoolithen ab.

§. 202. **Weisser Jura. α. Impressakalke. β. Wohlgeschichtete Kalke. γ. Scyphienkalke. δ. Geschichtete Felsen. ε. Plumpe Felsenkalke. ζ. Krebsscheerenplatten. Dolomit.** Den weissen Jura, der durch steiles Ansteigen schroffer Felswände über den sanfteren Gehängen des braunen Jura sich sogleich kenntlich macht, hat man ebenfalls in drei Gruppen zerlegt. Die untere Gruppe wird aus dünnen, weissen oder aschgrauen Kalkbänken, graufarbigen Kalkmergeln und Thonkalken gebildet, den Impressakalken (α), welche in eckige Kalkstücke zertrümmern und die *Terebratula impressa* als Leitmuschel zeigen. Hierauf folgen mächtige, wohlgeschichtete Kalkbänke (β), lichtgraue, von homogenem Korn, mattmuscheligem Bruche, die leicht in kleine Stücke zerspringen und hauptsächlich die steilen Stirnränder der Alb bilden.

Der mittlere weisse Jura besteht unten vorherrschend aus ungleichen Oolithen, den Spongiten- oder Scyphienkalken (γ), mächtigen Lagern, die in eckige Bruchstücke zerfallen, unten mehr mergelig sind, nach oben aber zahllose Mengen von Korallen und Schwämmen enthalten, die ganze Haufenlager auf den Hochplateaus der Alb bilden, indem sie durch Verwitterung aus der Masse sich loslösen. *Terebratula lacunosa* ist hier Leitmuschel. Darüber liegen geschichtete Felsen (δ) mit eingelagerten Bohnerzen, von den überliegenden Schichten an einzelnen Orten durch Kieselbildung getrennt.

Der obere weisse Jura besteht aus zwei Gesteinesfolgen mächtiger Kalkbänke, den plumpen Felsenkalken (ε), die fast keine wirkliche Schichtung mehr zeigen; die Kalke sind körnig, kieselhaltig, lichtfarben oder selbst zuckerkörnig und gehen häu-

fig in grauen Dolomit über und zerfallen in runde, knollige Blöcke.

Nach oben gehen diese plumpen Kalke in dünner geschichtete Kalke über, die, wie z. B. bei Nattheim, wesentlich aus Korallen gebildet sind, zwischen denen der Kalk kreideähnlich oder auch dolomitisch wird. Nur hier und da finden sich in diesen Lagern einzelne Muschelbänke, wo der Kalk ein feineres Korn erhält. Endlich liegen an einzelnen Stellen, wie bei Nusplingen, dünne Kalkplattenschiefer, Thone und dickere Kalke, welche häufig Scheeren von *Pagurus suprajurensis* enthalten und deshalb Krebsscheerenplatten (ζ) genannt wurden. Sie entsprechen durchaus durch ihre Versteinerungen den lithographischen Schiefern des fränkischen Jura.

Dieser letztere, den die Eisenbahn zwischen Donauwörth und Nördlingen von der Alb trennt, und der sich hakenförmig gebogen über Regensburg und Baireuth bis nach Lichtenfels hin erstreckt, ist im Ganzen durchaus so wie der schwäbische Jura gegliedert, zeigt aber doch einige Eigenthümlichkeiten. In der Einbiegung des Jurabogens nämlich, die dem Laufe der Altmühl von Pappenheim bis Kehlheim entspricht, findet sich namentlich in der Umgegend des letzteren Ortes sowie bei Solenhofen eine eigenthümliche Einlagerung schieferiger Kalksteine von äusserst feinem Korn, compacter Structur, ohne Spaththeile und Adern, welche jetzt fast ausschliessend die guten lithographischen Steine für die ganze Welt liefern und eine Menge von Versteinerungen enthalten, die äusserst wohl erhalten sind. Wie es scheint, setzten sich diese Schiefer in einer beschränkten äusserst ruhigen Bucht ab, wo der feine Kalkschlamm die Versteinerungen auf das Genaueste umhüllte.

In dem nördlichen fränkischen Jura und namentlich in der sogenannten fränkischen Schweiz sind die plumpen Felsenkalke oder Korallenkalke in Dolomit umgesetzt, der auf die mannigfaltigste Art zersprengt, zerklüftet und verwittert ist und dadurch sowie durch die Auswaschung der Gewässer äusserst pittoreske Felsenformen und viele Höhlen erzeugt hat, unter welchen diejenigen von Muggendorf, Gailenreuth und Streitberg die bekanntesten sind.

Jura in den Alpen.

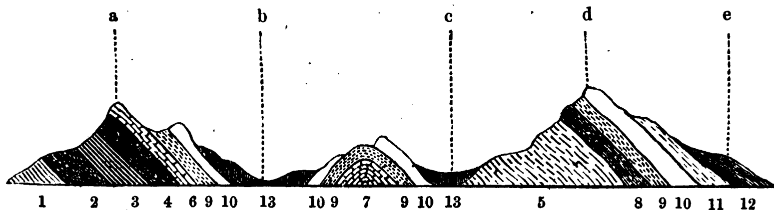
Erstreckung. Verhalten. Lagerung. Ein breites Band §. 203.
jurassischer Gebilde schlingt sich von den Südalpen und der Nähe

des ligurischen Golfes her in Hakengestalt um den Ost- und Nordrand der Alpen herum und lässt sich bis in die Nähe von Wien, wenn auch hier und da mit Unterbrechungen, verfolgen. In gleicher Weise ist der südliche Rand der Alpen von einer solchen Nebenzone jurassischer Gesteine umgeben, welche indess erst an dem Langen-See beginnt, um von da aus bis nach Kärnthen und Krain und an die Grenze von Ungarn hin sich zu erstrecken. An vielen Orten gleichen somit die Alpen gewissermaassen einem ungeheuren jurassischen Gewölbe, welches in der Mitte zerborsten ist, um die krystallinischen Gebilde der Mittelzone nach Aussen vortreten zu lassen. In dem ganzen Bereiche dieser Erstreckung zeigen sich indess die jurassischen Gebilde in vielfacher Beziehung modificirt und verändert, so dass bei dem oft grossen Mangel der Versteinerungen das genauere Studium derselben ausserordentlich erschwert ist. Die Schichten sind in der mannigfaltigsten Weise über und durch einander geworfen; häufig im Zickzack gebogen oder noch mehr verunstaltet; die mergeligen Lager, welche man sonst unterscheidet, in Schiefer und feste Gesteine umgewandelt und die kalkigen Massen dergestalt entwickelt, dass die verschiedenen Abtheilungen fast ohne Unterschied in der Gesteinsbeschaffenheit in einander übergehen. Am deutlichsten treten noch in den Alpen einerseits der Lias, andererseits der höhere Korallenkalk hervor, und namentlich lässt sich der erstere häufig durch seine schwarze Farbe und schieferige Beschaffenheit sowie durch die Belemniten unterscheiden, welche in dem Gesteine eingebacken sind. Noch grössere Schwierigkeiten gehen aus den oft ausserordentlich verwirrten Lagerungsverhältnissen hervor, deren Störungen nicht blos von dem Nebendrucke der Alpenhebung, sondern vielleicht auch von noch früheren Spaltungen und Verwerfungen herrühren. Nicht nur sind die einzelnen Juraschichten häufig so in einander gekeilt, dass man mehrmals derselben Schicht in Uebereinanderlagerung begegnet, sondern es finden auch Verschmelzungen mit älteren Gebilden, wie z. B. mit den Anthracitlagern, und die sonderbarsten Umkehrungen in Beziehung auf neuere Schichtungen statt, so dass z. B. in den Glarneralpen die älteren Tertiärbildungen unter den doch weit früher abgelagerten Juraschichten zu liegen scheinen. Diese Umkehrungen der Lagerung sowie überhaupt die tief eingreifendsten Störungen sind namentlich an dem Nordrande des jurassischen Alpengürtels in der Weise ausgebildet, dass die Schichten statt nach den Alpen zu sich zu erheben, veilmehr unter dieselben einzusinken scheinen

und ihre steilen abgerissenen Schichtenköpfe der ebenen Schweiz zuwenden, als ob in dieser das Centrum der hebenden Kraft zu suchen sei.

Zwischen Genf und Lyon. Der Uebergang der eigentlichen jurassischen Gebilde zu dem alpinischen Jura findet sich namentlich östlich von dem Laufe der Rhone von Genf bis gegen Lyon hin. Der Salève bei Genf, so wie die Gebirge in der Nähe des Lac de Bourget zeigen noch ganz jene eigenthümliche Form der jurassischen Halbdome, die auf einer Seite zerrissen, dort steile Mauern zeigen, während die Abhänge der andern Seite durch die abfallenden Schichten selbst gebildet sind und allmälig unter die höheren Kreidelager einschiessen. Der beifolgende Durchschnitt der jurassischen Alpengebilde zwischen Mont du §. 204.

Fig. 175.



Durchschnitt der jurassischen Alpengebilde zwischen Mont du Chat und Dent de Nivolet in Savoyen.

a Mont du Chat. *b* See von Bourget. *c* Aix. *d* Dent de Nivolet. *e* Les Déserts. 1 Unterer Jura. 2 Eisenoolith. 3 Oxfordmergel. 4 Spongitenkalk. 5 Oxfordmergel. 6 Kalk mit Chailles. 7 Dolomit. 8 Astartenkalk. 9 Néocomien. 10 Rudistenkalk. 11 Nummulitenkalk. 12 Fucoidensandstein. 13 Molasse.

Chat und Dent de Nivolet in Savoyen giebt ein deutliches Bild von der Aufeinanderlagerung der einzelnen jurassischen Schichten in dieser Gegend, die noch ganz den Charakter der eigentlichen Jura trägt. Besonders bemerkenswerth ist auch überall in diesen verbindenden Juramassen die Bedeckung mit Kreideschichten, welche gewöhnlich als harte Kalksteine auftreten und wie beim Salève die Decke des Gebirges bilden, so dass auf den Karten die jurassischen Ablagerungen meist nur in schmalen Streifen am Grunde der Abstürze hervortreten. Diese Kreidebedeckung nimmt an einzelnen Orten, wie in Savoyen, so zu, dass grosse Kreidegebirge sich zwischen die jurassischen Ketten einschieben und diese sich in mehre Parallelketten zerlegen.

Ein Gleiches findet mit den, den Tertiärgebilden angehörenden Nummulitenschichten und Flyschen statt, welche namentlich in den schweizerischen Alpen zwischen Genfer- und Vierwaldstädtersee vielfache Zwischenketten dieser Art bilden.

§. 205. **Von Chambéry bis an den Rhein.** Auf der trefflichen geologischen Karte der Schweiz von A. Escher von der Linth und B. Studer kann man von Chambéry aus in nordöstlicher Richtung einem fast ununterbrochenen Streifen jurassischer Gesteine folgen, der den Nordrand des Isèrethales zwischen Montmélian und Conflans, dann den Südabhang der Aravis bis Sallenches und von dort bis an die Rhone, die Kette des Buet und der Dent du Midi bildet. Das Nordufer des Wallis wird bis gegen Brieg hin nur von diesen jurassischen Gesteinen gebildet, welche von dem Moeuveran an alle Hochgipfel der östlichen Berneralpen (Wild-Strubel, Blumlis-Alp, Gemmi) zusammensetzen, am Fusse der Jungfrau, des Schreck- und Wetterhorns sich hinziehen und mit dem Lauterbrunnenthal, das ganz in sie eingeschnitten ist, den Brienzersee erreichen, wo sie die Basis der Faulhornkette bilden. Die Ketten des Titlis und des Uri-Rothstockes, die den Raum zwischen dem unteren Haslithale und dem Reusthale erfüllen, sind ebenfalls von diesen jurassischen Gesteinen zusammengesetzt, welche weiter nach Osten hin um den zwischen Linth, Wallensee und Rhein gelegenen triasischen Kern einen Mantel bilden, aus dem Tödi, Glärnisch und Calanda aufsteigen und endlich im Falknis über Mayenfeld auf dem östlichen Rheinufer verschwinden.

§. 206. **Zwischen Genfer- und Thunersee.** Mit dieser Zone, die überall fast unmittelbar an den krystallinischen Kern anstösst, hängt in dem unteren Wallis von Bex bis zum Genfersee hin eine zweite nördliche Nebenzone zusammen, die vom Môle bei Bonneville an der Arve beginnt, die Gebirgsstöcke der Dent d'Oche auf dem südlichen, der Dent de Jaman, der Tour de Mayen auf dem nordöstlichen Ufer des Genfersees bildet und von Vevay an durch die Freiburger Alpen und die Stockhornkette sich bis an das Ufer des Thunersees verfolgen lässt. Durch Ueberlagerung von Kreidegebilden in Savoyen, von Flyschgesteinen, welche die Niesenkette zusammensetzen im Bernischen, ist diese Zone von der andern inneren getrennt.

Zusammensetzung. Lias. In dieser ganzen Zone ziehen sich die Juraschichten in ziemlich gleichmässiger Weise fort. Der Lias besteht aus grauen Kalklagern, oft sehr fest, körnig und in mächtigen Schichten abgelagert, in anderen Fällen wieder mehr schieferig und ganz in schwarze Schiefer übergehend, die, wie schon früher angeführt, meistens mit den Anthracitschiefern in der engsten Verbindung und häufig selbst in Wechsellagerung stehen. Selten ist es möglich, in diesen schwärzlichen Kalkschiefermassen eine Scheidung zwischen unterem, mittlerem und oberem Lias eintreten zu lassen, die sich gleichwohl durch die Versteinerungen hier und da erkennen lässt. Von besonderer Wichtigkeit sind die Gypsmassen, welche an einigen Stellen den Lias begleiten, und bei Bex besonders salzführend sind. An diesem Orte haben sich Versteinerungen sämmtlicher Liasstockwerke gefunden und zwischen ihnen liegen mächtige Gyps-Anhydritstöcke, die einen festen Salzfels bilden, von welchem ein Cubikfuss etwa 30 Pfund Salz beim Auslaugen liefert. Vielfache Verwerfungen stören die Lagerung. Verfolgt man den Lias von Bex und Meillerie aus durch die Stockhornkette, wo er sich namentlich bei Blumenstein zeigt, so verliert man ihn gänzlich zwischen dem Thunersee und dem Rheine, und trifft ihn erst wieder im Voralberg in inniger Beziehung zu den Trias- und Dolomitbildungen. Von hier aus weiter nach Osten ist der Lias fast überall roth oder hellgrau, dicht und thonig mit Knauern von rothem, grauem oder schwarzem Hornstein und Petrefacten, so dass er von dem westlichen Lias gänzlich verschieden ist. Ganz mit gleichem Verhalten als sogenannter rother Ammonitenmarmor läst sich auch der Lias in der südlichen Zone von dem Ufer des Langen Sees an durch Südtyrol verfolgen. §. 207.

Mittlerer Jura. Oberer Jura. Die eigentlichen Oolithbildungen sind ebenso ihren Gesteinen nach ausserordentlich schwer zu scheiden. Ganz im Westen findet man noch auf dem Lias einen eigentlichen Eisenoolith, freilich ohne deutliche Versteinerungen, auf welchen leicht zerstörbarer Mergelschiefer und dichter rauchgrauer Kalkstein folgen, die dem oberen Oxfordmergel zu entsprechen scheinen. Die Kalksteine enthalten besonders Schwammkorallen und auf sie folgt ein mehrfacher Wechsel grauer Mergel und fester Kalksteine, die man als oberen Oxfordkalk bezeichnen kann. Bei Chanaz ist namentlich das Callovien durch seine Petrefacten in ausgezeichneter Weise in einem dunkelgrauen Kalkschiefer vertreten. Hiermit schliesst man gewöhnlich die §. 208.

untere Stufe der Kalkgebilde ab. Eine mittlere Stufe lässt sich in mächtigen rauchgrauen Kalken erkennen, die namentlich die Kette des Stockhorn zusammensetzen und die man auch Stockhornkalk oder Chatelkalk genannt hat. Diese Bildung ist es namentlich, welche als Hochgebirgskalk Keile zwischen die granitischen Centralkerne der Alpen einschiebt, die an einzelnen Orten, wie z. B. an der Jungfrau, höchst merkwürdige Zwischenlagerungen bilden. Der obere Jura besteht ebenso gewöhnlich nur aus einer einzigen mächtigen Kalkmasse, welche besonders als Decke der Stockhornkette sich erkennen lässt und durch ihre Versteinerungen dem Kimmeridgien entspricht. Die Kalke selbst sind vielfach wechselnd, bald schwarzgrau und schieferig, bald mächtig, hellgrau, roth und krystallinisch; und in ihnen finden sich bei verschiedenen Localitäten, namentlich bei Darbon in Val d'Abondance, sowie an der Klus bei Boltigen, Schichten dunkelbrauner oder schwärzlicher Mergelschiefer mit Meeresmuscheln, welche bauwürdige Lager ächter Steinkohlen einschliessen, die glänzend schwarz, reich an Bitumen sind, und durch ihre Eigenschaften sich den besten fetten Kohlen anschliessen. Leider sind die Flötze wenig mächtig und so hoch im Gebirge gelegen, dass vielfach ihr Bau aus diesen Gründen nicht unternommen werden kann.

§. 209. Unter den charakteristischen Versteinerungen heben wir besonders folgende, grösstentheils hier abgebildete, hervor; die übrigen finden sich in der vergleichenden Uebersichtstabelle erwähnt.

England.

Unterer Lias. *Ammonites Bucklandi* (Fig. 176). *Lima gigantea* (Fig. 177). *Hippopodium ponderosum* (Fig. 178). *Spirifer Walcotti* (Fig. 179). *Gryphaea arcuata* (Fig. 180).

Mittlerer Lias. *Ammonites margaritatus* (Fig. 181). *Gryphaea cymbium* (Fig. 182). *Avicula inaequivalvis* (Fig. 183). *Terebratula numismalis* (Fig. 184).

Oberer Lias. *Ammonites bifrons* (Fig. 185). *Ichthyosaurus* (Fig. 186). *Plesiosaurus* (Fig. 187).

Marly-sandstone. *Ammonites striatulus* (Fig. 188). *Pholadomya fidicula* (Fig. 189). *Pleurotomaria granulata* (Fig. 190).

Inferior Oolite. *Ammonites Humphresianus* (Fig. 191). *Ostrea Marshii* (Fig. 192). *Rhynchonella* (*Terebratula*) *spinosa* (Fig. 193). *Pleurotomaria granulata*,

Fig. 176.

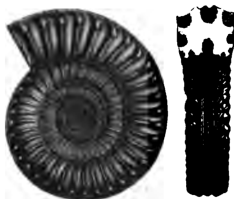


Fig. 177.



Fig. 178.





Fig. 179.

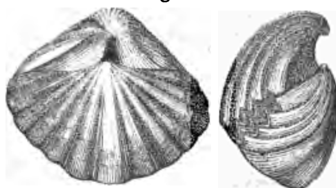
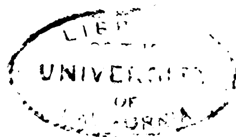


Fig 180.



Fig. 181.





Inferior Oolithe. *ornata* (Fig. 194). *Dysaster ringens* (Fig. 195). *Trigonia costata* (Fig. 196). *Nautilus lineatus* (Fig. 197).

Fig. 182.

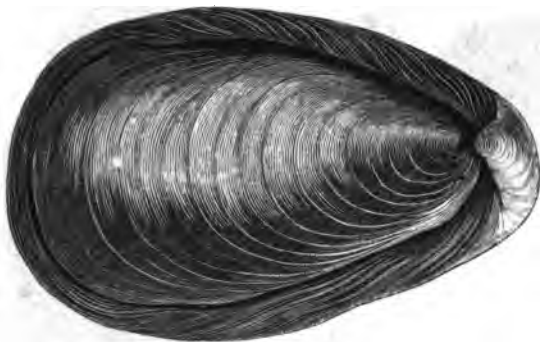


Fig. 183.



Fig. 184.





Fig. 185.





Fig. 188.



Fuller's earth. *Ostrea acuminata* (Fig. 198).

Fig. 186.

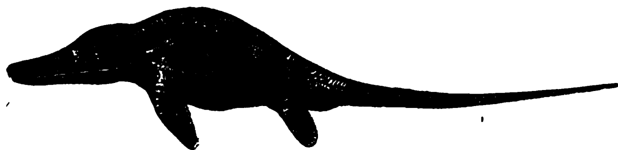
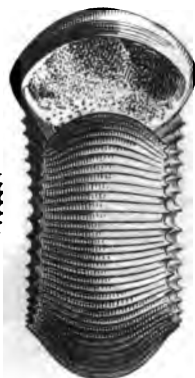


Fig. 187.



Fig. 191.





Great Oolite. *Patella rugosa* (Fig. 199). *Nerita costulata* (Fig. 200). *Rimula clathrata* (Fig. 201). *Actaeon acutus* (Fig. 202).

Bradford-clay. *Terebratula digona* (Fig. 203).

Forest marble. *Ostrea Marshii.*

Fig. 189.

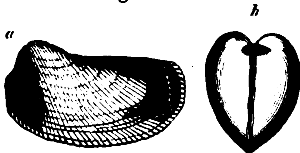


Fig. 190.



Fig. 192.



Fig. 193.

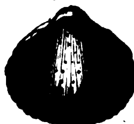


Fig. 194.



Fig. 195.

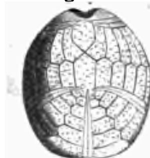


Fig. 198.



Fig. 196.

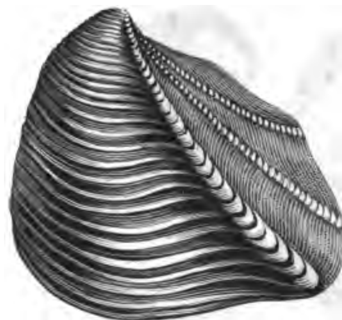


Fig. 197.



Cornbrash. *Terebratula digona, biplicata.*
Kelloway-rocks. *Ammonites Jason* (Fig. 204), *Lamberti, cordatus* (Fig. 205).

Fig. 199.




Fig. 200.

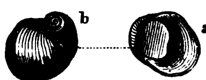


Fig. 201.

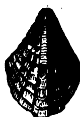


Fig. 202.



Fig. 203.



Fig. 204.




Fig. 206.



Fig. 207 a.



Fig. 205.




Fig. 207 b.

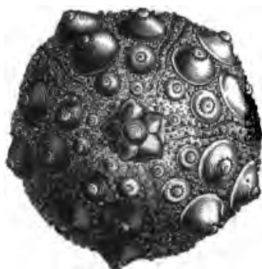


Fig. 207 c.



Oxford-clay. *Ammonites Jason. Belemnites hastatus* (Fig. 206).
Lower calcareous grit. *Hemicidaris crenularis* (Fig. 207). *Discoidea depressa.*
Coral-rag. *Thecosmilia annularis* (Fig. 208). *Ostrea gregarea* (Fig. 209). *Nerinea Goodhalli* (Fig. 210), *Gosae, Mosae* (Fig. 211).

Fig. 208.



Fig. 209.



Fig. 210.

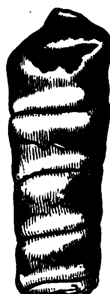


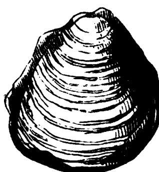
Fig. 212.



Fig. 211.



Fig. 214.



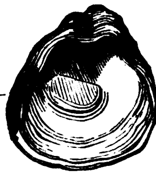


Fig. 213.

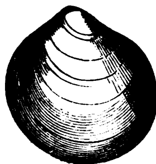


Fig. 215.



Kimmeridge-clay. *Cardium dissimile* (Fig. 212), *striatulum* (Fig. 213). *Ostrea expansa* (Fig. 214), *deltoidea* (Fig. 215). *Gryphaea virgula* (Fig. 216). *Aptychus latus* (Fig. 217).

Portland-stone. *Trigonia gibbosa* (Fig. 218). *Pecten lamellosus.*

Fig. 216.




Fig. 217.

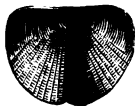


Fig. 218.

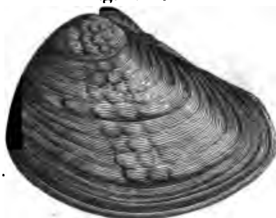


Fig. 222.



Fig. 219.







Fig. 223.



Purbeck beds. *Cypris Purbeckensis* (*a*), *punctata* (*b* Fig. 219), *striatopunctata* (*a*), *fasciculata* (*b*), *granulata* (*c* Fig. 220), *gibbosa* (*a*), *tuberculata* (*b*), *leguminella* (*c* Fig. 221). *Physa Bristovi* (Fig. 222). *Mantellia megalophylla* (Fig. 223).

Hastings-sand. *Unio Valdensis* (Fig. 224). *Corbula alata* (Fig. 225). *Sphenopteris gracilis* (Fig. 226). *Lepidotus Mantelli* (Fig. 227).

Weald-clay. *Cypris spinigera* (Fig. 228). *Valdensis* (Fig. 229). *Iguanodon Mantelli* (Fig. 230). *Paludina.*

Frankreich und Mont Jura.

Sinémurien. *Ammonites Bucklandi*, *Nodotianus* (Fig. 231). *Ostrea arcuata.*

Liasien. *Pentacrinus fasciculosus* (Fig. 232). *Ammonites margaritatus.*

Fig. 220.

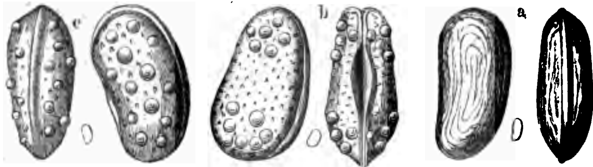


Fig. 221.

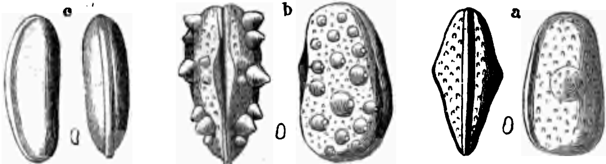


Fig. 225.

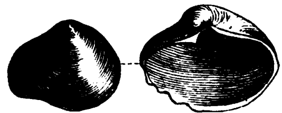


Fig. 224.

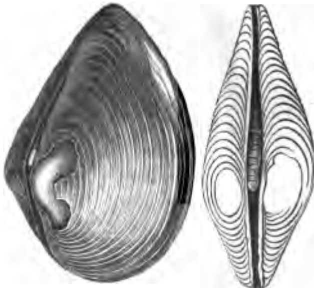


Fig. 226.



Toarcien. *Ammonites bifrons*, *serpentinus*. *Ostrea Knorrii*. *Trigonia navis* (Fig. 233).

Bajocien. *Ammonites Humphresianus*, *Hyboclypus gibberulus* (Fig. 234). *Dysaster Endesii* (Fig. 235).

Bathonien. *Ammonites bullatus* (Fig. 236), *Apiocrinus elegans* (Fig. 237), *Montlivaltia caryophyllata* (Fig. 238).

Fig. 227.

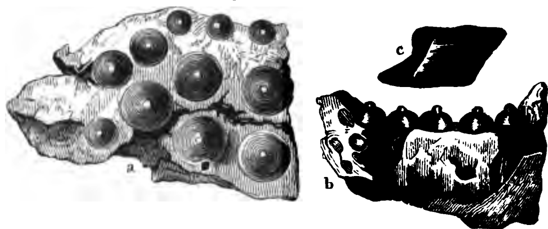


Fig. 228.

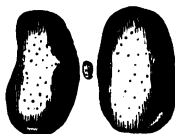


Fig. 229.

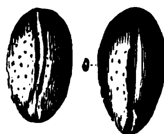
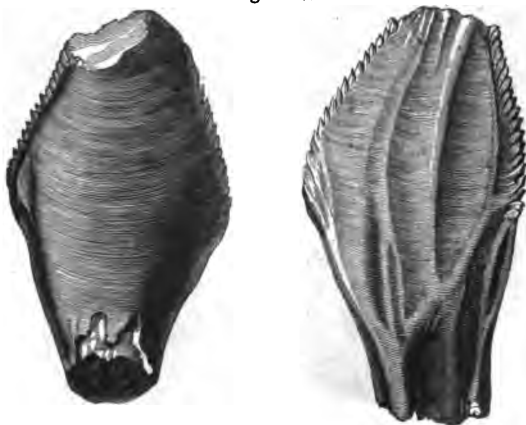


Fig. 230.



Callovien. *Ammonites refractus* (Fig. 239), *Jason.* *Ostrea Marshii*, *dilatata* (Fig. 240). *Terebratula diphya* (Fig. 241).

Fig. 231.



Fig. 233.

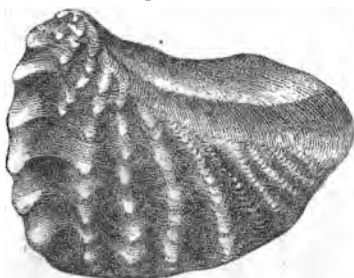


Fig. 234.





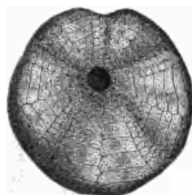


Fig. 235.

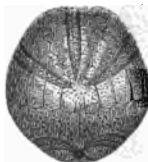






Fig. 236.



Fig. 238.



Oxfordien. *Ammonites cordatus. Aptychus sublaevis* (Fig. 242). *Cidaris glandiferus* (Fig. 243). *Cribrospongia* (*Scyphia*) *reticularis* (Fig. 244).

Corallien. *Hemicidaris crenularis. Apiocrinus Roissyianus* (Fig. 245). *Diceras arietina* (Fig. 246).

Fig. 232.



Kimmeridgien. *Exogyra virgula. Bulla suprajurensis* (Fig. 247). *Anatina spathula* (Fig. 248).

Portlandien. *Trigonia gibbosa.*

Fig. 237.



Fig. 239.



Fig. 241.

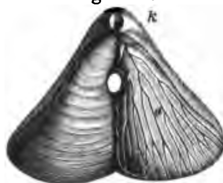


Fig. 240.



Fig. 242.



Fig. 243.



Fig. 244.





Fig. 245.



Fig. 246.



Fig. 247.

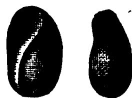


Fig. 248.

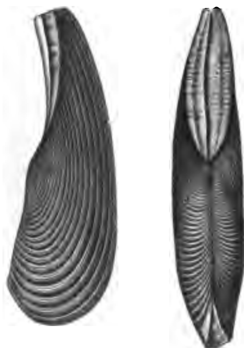
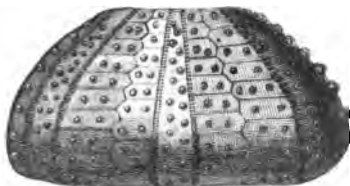


Fig. 249.



Süddeutschland.

Schwarzer Jura.

Alpha. *Ammonites psilonotus, Bucklandi. Cardinia (Thalassites) concinnus. Lima gigantea. Nautilus aratus. Gryphaea arcuata. Diadèma seriale* (Fig. 249).

Beta. *Ammonites Turneri. Gryphaea cymbium. Pentacrinus scalaris.*

Gamma. *Terebratula numismalis. Spirifer Walcotti. Ammonites Davoei. Pentacrinus basaltiformis.*

Fig. 250.

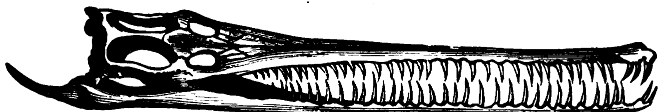


Fig. 251.

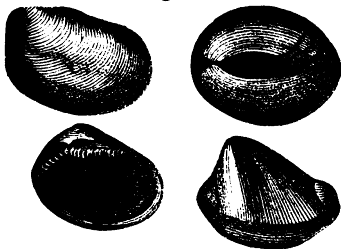


Fig. 252.

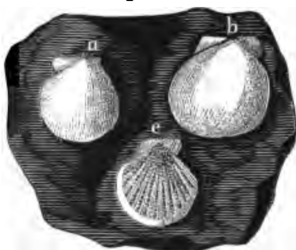


Fig. 253.

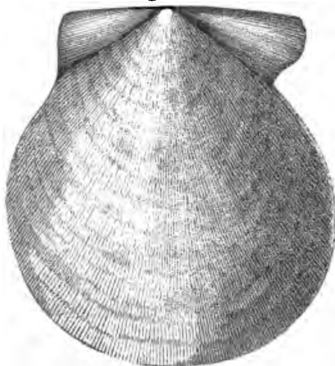


Fig. 256.



Delta. *Ammonites heterophyllus*, *amaltheus*. *Pentacrinus basaltiformis*.

Epsilon. *Posidonia Bronnii*. *Ichthyosaurus*. *Mystriosaurus Tiedemanni* (Fig. 250).

Zeta. *Ammonites Aalensis*. *Nautilus jurensis*.

Brauner Jura.

Alpha. *Ammonites opalinus*, *torulosus*. *Rostellaria subpunctata*. *Astarte opalina*. *Trigonia navis*. *Nucula Hammeri* (Fig. 251).

Beta. *Pecten personatus* (Fig. 252), *demissus*, *lens* (Fig. 253).

Gamma. *Terebratula perovata*.

Delta. *Belemnites giganteus* (Fig. 254). *Ostrea crista-galli*. *Ammonites bifurcatus*.

Epsilon. *Trigonia clavellata* (Fig. 255). *Ammonites Parkinsoni*. *Dentalium Parkinsoni*. *Ammonites macrocephalus*.

Zeta. *Ammonites Jason*, *ornatus*, *Lamberti*.

Fig. 254.

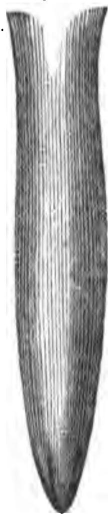
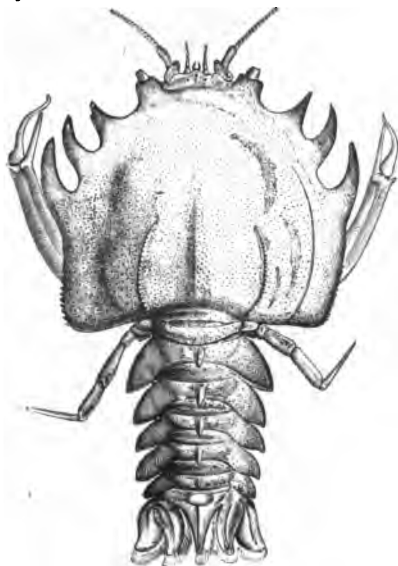


Fig. 257.



Weisser Jura.

Alpha. *Terebratula impressa.*

Beta. *Belemnites hastatus. Ammonites planulatus. Pleurotomaria clathrata.*

Gamma. *Terebratula lacunosa. Scyphia obliqua.*

Fig. 255.



Fig. 258.



Delta. *Tragos acetabulum* (Fig. 256).
Epsilon. Sternkorallen.
Zeta. *Eryon spinimanus*, *arctiformis* (Fig. 257). *Libellula* (Fig. 258). *Pterodactylus* (Fig. 259).

Fig. 259.



§. 210. Vergleichung der Juragebilde in verschiede-
Versteine-

	England.		Norddeutschland.		Frankreich.
Waeldenformation.	Weald-clay. *Unio. Cyclas. Cyrene. Paludina. Iguanodon. Cypris spinigera, Valdensis.*	Wäldergebirge.	Wälderthon. *Macrorhynchus Meyeri. Unio. Cyclas. Cyrene. Paludina. Melania. Cypris. Sphaerodus irregularis, semiglobosus.*		
	Hastings-standstone. Tilgate-strate. *Hylaeosaurus. Iguanodon. Suchosaurus. Regnosaurus. Tempskya Schimperi. Megalosaurus. Pterodactylus. Unio Valdensis. Corbula alata. Lepidotus Mantellii.*		Deistersandstein. *Tempskya Schimperi. Cycadites Brongiarti. Pholidosaurus Schaumburgensis. Emys Menckei.*		
	Purbeck-beds. *Sphenopteris Mantelli. Mantellia megalophylla. Archeoniscus Brodiei. Goniopholis crassidens. Tretosternum punctatum. Cypris gibbosa, fasciculata, Purbeckensis. Paludina. Physa Bristovi. Lymnea. Planorbis. Valvata. Cyclas. Unio.*		Wälderkalk. Serpulit. Ashburnham-Schicht. *Sphenopteris Mantelli. Modiola lithodomus. Corbula inflata, alata. Serpula coacervata. Cyclas. Cypris.*		

nen Ländern nach Lagerung und charakteristischen
rungen.

Mont Jura.	Süddeutschland.	Alpen.

	England.		Norddeutschland.		Frankreich.
Portland-groupe.	Portland-stone. *Ammonites biplex, gigas, planulatus. Astarte cuneata. Trigonia incurva, gibbosa. Pinna ampla. Pecten lamellosus. Ostrea expansa, falcata. Perna quadrata. Gryphaea dilatata. Terebratula portlandica.*	Korallenkalk.	Weisse Kalke und schwarze Kalkmergel. *Nerinea Gosae, Visurgis. Exogyra virgula. Astarte cuneata. Venus Brongniarti. Pteroceras Oceani. Pholadomya multicosta, Protei. Ceromya excentrica, inflata. Gresslyia Saussurei.*	*Portlandien.*	Calcaire tacheté de Boulogne. *Ammonites giganteus, Irius. Astarte cuneata. Pteroceras Oceani. Natica elegans. Ostrea bruntruttana. Mactra rostralis. Trigonia gibbosa. Nerinea subpyramidalis. Cardium dissimile. Lucina portlandica.*
	Kimmeridge-clay. *Ammonites biplex. Cardium dissimile, striatulum. Exogyra virgula. Astarte cuneata. Pinna granulata. Ostrea deltoidea. Pholadomya Protei. Aptychus latus.*			*Kimmeridgien.*	Argile de Honfleur. *Ammonites decipiens, Lallerianus, mutabilis. Nerinea Gosae. Natica hemisphaerica. Pterocera Ponti, strombiformis. Panopaea Aldouini, tellina. Pholadomya acuticosta, Protei. Trigonia muricata, papillata. Ostrea deltoidea. Pinna granulata.*
Oxfordseries.	Coral rag. Calcareous grit. *Ammonites cordatus, perarmatus plicatilis, sublaevis, triplicatus. Belemnites lanceolatus. Melania Heddingtonensis, striata. Mytilus amplus. Modiola cuneata. Astarte elegans. Trigonia clavellata, costata. Hippopodium*		Oberer Coralrag. *Ammonites biplex. Melania striata. Turbo princeps. Nerinea Sequana, Visurgis. Modiola imbricata. Pecten fibrosus, lens. Gryphaea dilatata. Ostrea sandalina. Exogyra reniformis, spiralis. Cidaris crenularis.* Korallen.	*Corallien.*	Calcaire corallien. *Ammonites Altenensis, Ruppellensis. Nerinea Defrancei, Desvoidyi, fascinata, Mandelslohi, umbilicata, Visurgis. Natica grandis. Nerita pulla. Turbo princeps. Pholadomya canaliculata. Opis cardissoides. Trigonia Bronnii, Meriani. Car-*

	Mont Jura.		Süddeutschland.		Alpen.
Portlandien.	Virgulien. *Ammonites Contejeani, longispinus. Pycnodus Nicoleti. Sphaerodus gigas. Nerinea Janusensis. Trigonia concentrica, suprajurensis. Ceromya excentrica. Ostrea solitaria. Exogyra virgula. Diceras suprajurensis. Rhynchonella inconstans. Terebratula subsella. Acrosalenia aspera.*				
Portlandien.	Pterocerien. *Ammonites Achilles, Lestocquii. Pycnodus gigas, Hugii, latidens. Sphaerodus gigas. Nerinea suprajurensis. Natica dubia, globosa. Pteroceras Oceani. Mactra ovata. Venus parvula. Mytilus jurensis. Ostrea solitaria. Exogyra bruntruttana. Terebratula subsella. Pygurus jurensis. Holectypus neglectus. Hemicidaris Thurmanni.*			Oberer Jura.	Portlandkalk. Kimmeridgien. *Nerinea suprajurensis. Pteroceras Oceani. Natica dubia. Nerita hemisphaerica. Isocardia excentrica, obovata, orbicularis, striata. Venus isocardioides, nuculaeformis, subinflexa. Pholadomya scutata, parvula. Mytilus jurensis, pectinatus, pernoides. Modiola bipartita, rugosa, subaequiplicata. Astarte scalaria. Cardium intentum. Plagiostoma rigidum. Pecten subtentorius. Ostrea multiformis, solitaria. Terebratula biplicata, globata, inconstans, pileus, rostratina, rostrata, trilobata. Diadema dilatatum. Hemicidaris alpina, Thurmanni.*
	Astartien-Sequanien. *Ammonites Achilles, cymodoce. Nerinea Gosae. Phasianella striata. Turbo princeps. Trigonia truncata. Arcomya helvetica, robusta. Venus parvula. Astarte gregarea. Ostrea multiformis, sequana. Exogyra bruntruttana. Anomia vercellensis. Tere-*	Oberer weisser Jura.	ζ. Krebsscheeren-Platten. *Aptychus lamellosus, latus, laevis. Nautilus agoniticus. Pleuromya donacina. Lumbricaria. Terebratula pentagonalis. Pentacrinus pentagonalis. Pleurodactylus. Eryon spinimanus.*	Oberer Jura.	

	England.		Norddeutschland.		Frankreich.
Oxfordseries.	*ponderosum. Ostrea gregarea. Pecten demissus, lens, viminalis. Terebratula ornithocephala. Cidaris Blumenbachii. Hemicidaris crenularis. Diadema pseudodiadema. Clypeus emarginatus, patella. Nucleolites clunicularis. Pygaster umbrella. Discoidea depressa.* Korallen: *Thecosmilia; Phamnastrea. Nerinea hieroglyphica, Goodhalli. Diceras arietina.*	Korallenkalk		Corallien.	*dium corallinum. Myoconcha compressa. Pinnigena Saussurei. Pecten niveus. Diceras arietina. Ostrea spiralis. Terebratula Repeliniana. Pygaster patelliformis. Glypticus hieroglyphicus. Diadema pseudodiadema. Cidaris Blumenbachii. Apiocrinus Roissyi.* Korallen.
	Lower calcacerous grit. *Ammonites perarmatus, vertebralis. Belemnites abbreviatus. Terebratula ornithocephala. Modiola bipartita. Cerithium muricatum. Ostrea gregarea. Discoidea depressa. Diadema pseudo-diadema.*		Unterer Coralrag. Milder thonigkalkiger Sandstein. *Ammonites biplex, cordatus, perarmatus, polygyratus. Belemnites inaequalis, hastatus, semisulcatus. Melania Heddingtonensis, striata. Pleurotomaria Münsteri. Gervillia aviculoides. Pecten fi-*	Oxfordien.	Oolithe de Trouville-Marnes supérieures aux argiles de Dives. *Ammonites alternans, canaliculatus, cordatus, crenatus, oculatus, perarmatus, plicatilis. Turbo Meriani. Pleurotomaria Buchiana, Sissolae. Cerithium rossicum. Panopaea peregrina. Pholadomya*

	Mont Jura.		Süddeutschland.		Alpen.
Corallien.	*bratula humeralis. Apiocrinus Roissyi.* Korallenkalk. *Nerinea bruntruttana, elongata, Mandelslohi, speciosa. Natica grandis. Pholadomya canaliculata, paucicosta. Trigonia geographica, Meriani, picta. Lima lyrata. Pinnigena Saussurei. Diceras arietina, bernardina, Lucii, Münsteri, ursicina, Verenae. Ostrea colubrina, gregarea. Rhynchonella inconstans, pectunculata. Terebratula repeliniana, subsella Holectypus depressus, Mandelslohi, punctulatus. Echinus perlatus. Glypticus hieroglyphicus. Diadema priscum, pseudodiadema, subangulare. Hemicidaris crenularis. Cidaris Blumenbachii, coronata, elegans. Dysaster carinatus.* Korallen.	Oberer weisser Jura.	ε. Plumpe Felsenkalke. *Nerinea Gosae, Mandelslohi. Turbo clathratus, princeps. Ostrea haustellata. Terebratula inconstans, lagenalis. Cidaris Blumenbachii, coronatus. Diadema subangulare. Hemicidaris crenularis. Holectypus depressus.* Korallen.		
		Mittlerer weisser Jura.	δ. Regelmässige Kalke. *Cnemidium Goldfussi, rimulosum, stellatum. Tragos patella, acetabulum. Scyphia radiciformis. Spongites cylindratus, ramosus.*		
	Terrain à chailles; Oxfordkalk-Argovien. *Ammonites alternans, biplex-bifurcatus, cordatus, canaliculatus, dentatus, Erato, Eucharis, flexuosus, Henrici, oculatus, plicatilis, polyplocus, perarmatus, tortisulcatus. Aptychus lamellosus, latus. Goniomya literata, major,*		γ. Scyphienkalke. *Ammonites alternans, biplex, dentatus, flexuosus, planulatus, polyplocus. Adtychus lamellosus, latus. Belemnites hastatus. Nautilus agariticus. Terebratula biplicata, lacunosa, reticularis, substriata. Dysaster carinatus.* Schwämme,	Mittlerer Jura.	Oxfordkalk-Châtelkalk. *Ammonites canaliculatus, cordatus, Edwardsianus, Erato, gigas, Lamberti, Henrici, Murchisonae, oculatus, perarmatus, plicatilis, polygyratus, polyplocus, tatricus, tortisulcatus, toucasianus, tripartitus. Belemnites*

	England.	Norddeutschland.		Frankreich.
		brosus. Gryphaea dilatata. Trigonia clavellata, costata. Terebratula impressa.	*Oxfordien.*	*lineata. Astarte ovata. Trigonia clavellata. Cardium concinnum. Lima duplicata. Pecten subfibrosus. Ostrea duriuscula, nana. Rhynchonella varians. Dysaster ovatis. Pygaster umbrella. Pentacrinus pentagonalis.*
Oxfordseries.	Oxford clay. *Ammonites athleta, Jason, caprinus, cristatus, cordatus, Koenigii, Lamberti, macrocephalus, perarmatus, sublaevis. Cerithium muricatum. Nucleolites clunicularis. Trigonia clavellata. Ostrea deltoidea, gregarea. Belemnites hastatus, gracilis. Pinna lanceolata. Astarte lucida. Gryphaea bullata.*			
	Kelloway-rocks. *Ammonites athleta, Calloviensis, Duncani, funiferus, sublaevis. Gryphaea dilatata. Ostrea Marshii. Lima dupli-*	Dunkelblauer Thon mit Mergelknollen. *Ammonites athleta, Calloviensis, convolutus, coronatus, Jason, Lamberti, ornatus.*	*Callovien.*	Argiles de Dives. *Ammonites acutus, annulatus, armatus, athleta, Bakeriae, Calloviensis, communis, Duncani, excavatus,*

	Mont Jura.		Süddeutschland.		Alpen.
Corallien.	*Pholadomya cardinoides, cingulata, concinna, excelsa, flabellata. Trigonia Bronnii, maxima. Lima proboscidea. Ostrea rostellaris, colubrina. Pecten lens. Exogyra reniformis. Terebratula impressa, inconstans, insignis, loricata, substriata, Thurmanni. Cidaris Blumenbachii. Hemicidaris crenularis. Diadema aequiale, priscum. Dysaster capistratus. Apiocrinus rotundus. Millericrinus.* Schwämme.	Unterer weisser Jura.	besonders *Scyphia* und *Tragos.* *β*. Wohlgeschichtete Kalke. *Ammonites flexuosus, planulatus. Belemnites hastatus. Pecten cingulatus. Pholadomya clathrata. Glyphea ventrosa. Nautilus giganteus.*	Mittlerer Jura.	*excentricus, hastatus, sauvanausus. Aptychus laevis, lamellosus. Nautilus giganteus. Modiola imbricata. Lima antiquata. Pecten demissus. Terebratula lacunosa. Dysaster Voltzii. Hemicidaris angularis.*
Oxfordien.	Oxfordmergel. *Ammonites annularis, babeanus, Bakeriae, caprinus, convolutus, dentatus, denticulatus, flexuosus, hecticus, Lamberti, lunula, Mariae Sutherlandiae, tortisulcatus. Pentacrinus pentagonalis.*		*α*. Impressakalke. *Ammonites alternans, complanatus. Dysaster carinatus, granulosus. Terebratula impressa. Belemnites hastatus. Pentacrinus subteres. Apiocrinus.*		
Oxford. inf.	Oberer Eisenoolith-Fer sousoxfordien. *Ammonites anceps, athleta, Bakeriae, coronatus, crista-galli, discus, funiferus, hecticus, Her-*	Oberer brauner Jura.	*ζ*. Ornatenthon. *Ammonites annularis, caprinus, convolutus, hecticus, Jason, Lamberti, ornatus, Bakeriae, caprinus.*	Unterer Jura.	Unterer Oolith, enthaltend Versteinerungen aus Callovien. *Ammonites anceps, Bakeriae, bipartitus, coronatus, crista-galli,*

	England.	Norddeutschland.		Frankreich.
Oxfordseries.	*cata. Trigonia clavellata, costata. Terebratula socialis. Cerithium muricatum. Goniomya literata. Pecten demissus, fibrosus, lens.*	*Belemnites canaliculatus. Gryphaea dilatata. Gervillia aviculoides.*	Callovien.	*Herveyi, Jason, lunula, macrocephalus, omphaloides, ornatus, sublaevis. Gryphaea dilatata. Lima proboscidea. Trigonia clavellata, costata, elongata. Gervillia aviculoides. Terebratula biplicata, digona, diphya, ornithocephala, plicatilis.*
Bathonianseries.	Cornbrash. *Ammonites discus, Herveyi. Ostrea Marshii. Terebratula concinna, digona, obovata. Goniomya literata, scripta. Pholadomya Murchisoni. Trigonia clavellata, costata. Pecten demissus, fibrosus. Nucleolites clunicularis. Holectypus depressus.* Forest-marble. *Apiocrinus elegans, Parkinsoni. Pentacrinus vulgaris. Millepora straminea.* Bradford-clay. *Terebratula coarctata, concinna, digona. Avicula costata. Ostrea costata. Apiocrinus elongatus, intermedius, rotundatus.* Great-Oolite. *Ammonites Blagdeni. Actaeon acutus. Astarte minima. Trigo-*	Dogger. Thon mit Geoden. *Ammonites anceps, Banksii, Blagdeni, Gervillii, Humphresianus, macrocephalus, Parkinsoni, sublaevis triplicatus. Belemnites canaliculatus, fusiformis. Pleurotomaria granulata, ornata. Terebratula perovatis, resupinata, varians, spinosa. Ostrea costata, explanata. Cerithium armatum, muricatum. Modiola cuneata, pulchra. Pecten demissus. Avicula echinata. Trigonia clavellata, costata. Gresslya latirostris. Goniomya literata. Pholadomya Murchisoni, ovalis. Astarte depressa, pulla. Pleuromya Brongniarti.*	Bathonien.	Oolithe de Caen. *Ammonites annulatus, Bakeriae, discus, Herveyi, macrocephalus. Trigonia costellata, duplicata. Ostrea Marshii. Terebratula biplicata, coarctata, digona, globata, truncata. Avicula costata, echinata. Diadema subangulare. Echinus bigranularis. Hemicidaris crenularis. Nucleolites clunicularis. Apiocrinus Parkinsoni.*

	Mont Jura.		Süddeutschland.		Alpen.
Oxfordien inférieure.	*veyi, Jason, lunula, linguiferus, macrocephalus, plicatilis, refractus, sabaudianus, tumidus. Nautilus hexagonus. Belemnites latesulcatus. Pleurotomaria. Cypris granulata. Pteroceras Aglaja. Pholadomya carinata. Trigonia elongata, monilifera. Terebratula spinosa. Diadema superbum. Pygurus depressus.*	Oberer brauner Jura.	*Belemnites hastatus. Klytia Mandelslohi.* ε. Macrocephalenkalk. *Ammonites macrocephalus, sublaevis, triplicatus. Belemnites canaliculatus. Terebratula varians, lagenalis. Holectypus depressus.*	Unterer Jura.	*hecticus, Herveyi, Lamberti macrocephalus, Pottingeri, tatricus, tripartitus, tumidus, viator, zignodianus. Ancyloceras distans, tuberculatum. Belemnites distans. Nautilus hexagonus. Avicula inaequivalvis. Pecten demissus.* Bathonien. *Ammonites bullatus, subbakeriae, linguiferus. Ancyloceras tenue. Nautilus subbiangulatus.*
Oolite inférieure.	Dalle nacrée. *Trigonia cuspidata. Pecten vimineus. Terebratula pecoralis. Ostraea caryophylloides, confluens, oculata, tubulata. Pentacrinus scalaris, Nicoleti.* Oberer Oolith. Calcaire roux-sableux. *Pholadomya Murchisoni. Avicula echinata. Pecten similis. Ostrea acuminata. Terebratula globata. Nucleolites Caliporus, Thurmanni. Pentacrinus Nicoleti.*				

	England.		Norddeutschland.		Frankreich.
Bathonian series.	*nia clavellata, costata. Ostrea Marshii. Pecten lens Terebratula spinosa Avicula Braamburiensis. Patella rugosa.* Fullers earth. *Mya angulifera. Ostrea acuminata.*			*Bathonien.*	*Terre à toulon. Marnes de Port en Bessin.* Unkenntliche Versteinerungen mit Perlmutterüberzug.
	Inferior Oolite. *Ammonites Blagdeni, Brongniarti, Gervillei, Humphriesianus. Pleurotomaria granulata, ornata. Trigonia clavellata, costata. Astarte depressa. Ostrea costata, Marshii. Terebratula bullata, perovalis, spinosa. Pecten lens, vimineus. Perna mytiloides. Nautilus lineatus. Clypeus patella.*			*Bajocien.*	Oolithe de Bayeux, Oolithe ferrugineuse. *Ammonites acutus, Blagdeni, Brongniarti, contractus, Gervillei, laeviusculus, Parkinsoni, polymorphus. Melania Heddingtonensis, lineata. Pleurotomaria granulata, ornata, punctata, sulcata. Turbo gibbosus. Trigonia costata, striata. Ostrea subcrenata, Marshii. Pecten corneus, vimineus. Lima gibbosa, proboscidea. Terebratula biplicata, bullata, dimidiata, emarginata, lata, sphaeroidalis. Hemithyris spinosa. Dysaster Eudesii. Hyboclypus gibberulus.*
	Marly-Sandstone. *Ammonites Parkinsoni, striatus. Melania Heddingtonensis, lineata. Pleurotomaria granulata, pyramidalis. Cerithium muricatum. Mya literata. Trigonia co-*		Geodenthon. *Ammonites Parkinsoni. Belemnites giganteus.*		

	Mont Jura.		Süddeutschland.		Alpen.
Oolite inférieure.	**Vesoulmergel.** *Pholadomya crassa. Gresslya concentrica, latior, lunulata, rostata. Trigonia costata. Mytilus bipartitus, gibbosus. Ostrea acuminata, Knorrii. Terebratula concinna, varians, spinosa. Hemicidaris Meriani. Holectypus depressus. Clypeus Hugii, patella, rostratus. Dysaster analis.*	Oberer brauner Jura.	**Parkinsonithone.** *Ammonites anceps, bifurcatus, hecticus, Parkinsoni. Cerithium armatum. Pholadomya Murchisoni. Trigonia costata. Astarte depressa, pumila. Ostrea costata. Holectypus depressus.*		
	Hauptrogenstein; Polypenkalk. *Ammonites Parkinsoni. Turbo ornatus, quadricinctus. Mytilus cuneatus, plicatilis. Avicula Münsteri, tegulata. Lima pectinoides, proboscidea, tenuistriata. Pecten cingulatus, disciformis, personatus. Isocrinus Andreae.*			Unterer Jura.	*Bajocien.* *Ammonites Blagdeni, Deslongschampsi, dimorphus, discus, Edouardianus, Eudesianus, Humphriesanus, interruptus, Murchisonae, Martiusii, Niortensis, ooliticus, Pictaviensis, subradiatus, Truellii. Belemnites bessinus, giganteus, sulcatus, unicanaliculatus. Nautilus lineatus. Ancyloceras bispinatum, Sauzeanum, subannulatum. Toxoceras orbignyi. Arca biloba. Lima semicircularis. Avicula decussata, tegulata.*
	Eisenoolith. *Ammonites anceps, Blagdeni, Brongniarti, Brocchii, Brownii, coronatus, Gervillei, Humphresianus, Herveyi, Parkinsoni, platystomus, Sauzei, tumidus. Be-*	Unterer brauner Jura.	δ. **Graue Mergel und Thone.** *Ammonites Blagdeni, coronatus, Humphresianus. Belemnites canaliculatus, giganteus. Pleurotomaria ornata. Trigonia clavellata,*		

	England.		Norddeutschland.		Frankreich.
Bathonian.	*stata. Astarte elegans, minima. Ostrea Marshii. Pecten lens. Pholadomya fidicula. Modiola plicata, pulchra. Avicula inaequivalvis. Lima gigantea. Terebratula obsoleta.*		Thon ohne Versteinerungen.		
Upper Lias.	**Upper Lias-shale.** *Nautilus lineatus. Ammonites bifrons (Walcotti), communis, Conybeari, fimbriatus, heterophyllus, serpentinus, Walcotti. Belemnites compressus. Ptycholepis Bollensis. Jchthyosaurus. Plesiosaurus. Lepidotus gigas.*	Oberer Lias.	**Opalinusthon.** *Ammonites opalinus. Trigonia navis. Modiola Hillana. Inoceramus dubius. Nucula Hammeri, rostralis. Pleuromya unioides. Gresslya donaciformis.* **Mergelthon.** *Ammonites hircinus, jurensis, radians. Belemnites digitalis, tripartitus.*	Toarcien.	**Marnes Liasiques supérieures.** *Ammonites bifrons, heterophyllus, radians, serpentinus, Walcotti. Belemnites irregularis. Turbo subplicatus. Leda rostralis. Lima gigantea. Posidonia Bronnii. Ostrea Knorrii. Pentacrinus vulgaris.*

	Mont Jura.		Süddeutschland.		Alpen.
Oolite inférieure.	*lemnites canaliculatus, giganteus. Trigonia costata, denticulata, signata. Lima duplicata, proboscidea. Ostrea Marshii. Terebratula bullata, intermedia, perovalis, Theodori. Pholadomya fabacea, media. Cidaris horrida.*	Mittlerer brauner Jura.	*costata. Pholadomya fidicula, Murchisoni. Perna mytiloides. Pecten lens. Ostrea Marshii. Terebratula perovalis, plicata, resupinata, spinosa.* γ. Blaue Kalke. *Goniomya scripta.* *Myacites depressus.* *Ammonites Blagdeni.* *Pecten demissus.*		
		Unterer brauner Jura.	β. Eisenoolith. *Ammonites discus, Marchisoniae. Nautilus lineatus.* *Pecten demissus, personatus.* *Gryphaea calceola.* α. Opalinusthon. *Ammonites opalinus, radians, torulosus.* *Trigonia navis. Gervillia pernoides. Nucula claviformis, Hammeri. Venus triangularis. Astarte opalina.* *Rostellaria subpunctata.*		
Lias superieur.	Obere Liasmergel. *Ammonites bifrons, communis, jurensis, Murchisonae, opalinus, radians, serpentinus, Walcotti.* *Belemnites acuarius, tricanaliculatus. Trigonia costellata. Nucula Hammeri. Trochus duplicatus.*	Oberer schw. Jura.	ζ. Jurensismergel. *Ammonites hircinus, insignis, jurensis, radians. Belemnites acuarius, digitalis.* *Cyathophyllum mactra, tintinnabulum.*	Oberer Lias.	Liasschiefer. *Ammonites bifrons, communis, complanatus, Conybeari, heterophyllus, jurensis, radians, serpentinus, torulosus.* *Belemnites canaliculatus, tripartitus. Lima decorata, gigantea.* *Nucula claviformis, Hammeri. Inoceramus cinctus, undulatus. Posidonia Bronnii.*

	England.		Norddeutschland.		Frankreich.
		Oberer Lias.	Bituminöse Mergelschiefer. *Ammonites capellinus, communis, fimbriatus, radians, serpentinus, Walcotti. Belemnites digitalis, paxillosus. Avicula substriata. Inoceramus gryphoides. Posidonia Bronnii.* Fische und Saurier.		
Middle Lias.	Iron and Marlstone. *Ammonites margaritatus Gryphaea cymbium. Lima gigantea, Hermanni. Pecten aequivalvis. Avicula inaequivalvis. Terebratula numismalis, vicenalis.*	Mittlerer Lias.	Geodenthon. *Ammonites amaltheus, costatus. Belemnites breviformis, paxillosus. Turbo cyclostoma. Inoceramus substriatus.* Belemnitenlias. *Ammonites amaltheus, capricornus, Davoei, fimbriatus. Belemnites niger, paxillosus. Terebratula numismalis, rimosa. Gryphaea cymbium.*	*Liasien.*	Calcaire à Belemnites. *Ammonites Davoei, fimbriatus. margaritatus, spinatus. Belemnites niger. Pleurotomaria expansa. Pecten aequivalvis. Gryphaea cymbium. Terebratula numismalis, rimosa. Pentacrinus basaltiformis.*
Lower Lias.	*Blue and white Lias.* *Ammonites armatus, Bucklandi, oxynotus, Turneri. Lima gigantea. Plicatula spinosa. Gryphaea arcuata. Spirifer Walcotti.*		Thon ohne Versteinerungen.	*Sinémurien.*	Calcaire à Gryphées. *Ammonites Bucklandi (bisulcatus), Conybeari, kridion, Turneri. Belemnites acutus. Pleurotomaria anglica.*

	Mont Jura.		Süddeutschland.		Alpen.
		Oberer schwarzer Jura.	ε. Posidonienschiefer. *Ammonites annulatus, depressus, fimbriatus, heterophyllus, Lythensis, serpentinus, Walcotti. Belemnites acuarius, digitalis. Lepidotus gigas. Ichthyosaurus. Loligo Bollensis. Posidonia Bronnii. Inoceramus gryphoides. Monotis substriata.*		
Lias moyen.	Mittlere Liaschiefer. *Ammonites Davoei, fimbriatus, margaritatus, spinatus, Turneri. Belemnites niger, paxillosus. Plicatula spinosa. Lima Hermanni. Terebratula numismalis, rimosa. Gryphaea cymbium. Spirifer verrucosus.*	Mittlerer schwarzer Jura.	δ. Amaltheenthone. *Ammonites amaltheus, heterophyllus. Belemnites paxillosus. Turbo cyclostoma. Terebratula tetraëdra. Spirifer rostratus. Pentacrinus scalaris.* γ. Numismalismergel. *Ammonites capricornus, Davoei, ibex, natrix, Valdani. Terebratula numismalis, rimosa. Spirifer verrucosus. Gryphaea cymbium. Plicatula spinosa. Nucula complanata, palmae. Trochus Schübleri. Pentacrinus subangularis.*	Mittlerer Lias.	Liasschiefer und Kalke. *Ammonites annulatus, armatus, communis, Davoei, fimbriatus, hybridus, margaritatus, radians. Belemnites elongatus, niger. Nautilus intermedius. Terebratula numismalis, rimosa. Gryphaea cymbium. Modiola Hillana. Lima punctata. Inoceramus ventricosus.*
Lias inférieur.	Gryphitenkalk. *Ammonites Bucklandi, kridion, psilonotus. Nautilus aratus. Belemnites acutus. Lima gigantea. Spirifer Walcotti.*	Unt. schw. Jura.	β. Turnerithon. *Ammonites armatus, capricornus, oxynotus, Turneri.*	Unterer Lias.	Liasschiefer. *Ammonites Bucklandi (bisulcatus), Conybeari, liasicus, rarecostatus, rotiformis. Pleurotomaria anglica. Cardi-*

	England.		Norddeutschland.		Frankreich.
		Untere Lias.	Eisenschüssiger Thon. Gryphitenkalk. *Ammonites Bucklandi.* *Gryphaea arcuata.* *Avicula inaequivalvis.*	*Sinémurien.*	*Gryphaea arcuata.* *Spirifer Walcotti.*
Lower Lias.	Lower Lias-shale. *Cardinia concinna.* *Bone bed.* Fischschuppen und Zähne, Coprolithen.		Sandsteine. *Cardinia concinna,* *Listeri. Pecten glaber.* *Ostrea sublamellosa.* *Ammonites angulatus,* *psilonotus.*		Grès infra-liasique. *Cardinia concinna.*

	Mont Jura.		Süddeutschland.		Alpen.
Lias inférieur.	Grès infra-liasique. *Cardinia concinna.*	Unterer schwarzer Jura.	α. Gryphitenkalk. *Ammonites Bucklandi. Nautilus aratus. Trochus anglicus. Lima gigantea. Gryphaea arcuata. Spirifer Walcotti. Pentacrinus basaltiformis.* Concinnensandstein. *Cardinia concinna. Bone-bed.* Fischschuppen und Zähne, Coprolithen.	Unt. Lias.	*nia Listeri. Lima antiquata. Gryphaea arcuata. Avicula sinemuriensis. Spirifer verrucosus, tumidus.*

8. Kreidesystem (*Formation cretacée*; *Chalk*).

§. 211. **Begrenzung. Bildung der Kreide.** Indem wir das Wäldergebirge, dessen Einreihung früher noch bestritten wurde, zu den jurassischen Gebilden zählen, ist für die Schichten, welche dem Kreidesysteme angehören, eine sichere untere Grenze gewonnen worden; hinsichtlich der oberen Grenze hingegen herrscht noch immer in Beziehung auf eine Schichtengruppe, welche namentlich in der Umgegend des Pariser Beckens entwickelt ist, einiger Streit. Abgesehen hiervon, zeigt das Kreidesystem ein geschlossenes Ganze, das indessen nach seinem Vorkommen ziemlich verschiedene Charaktere zeigt. Im Norden sind die mergeligen Schichten sowie die ächte weisse Kreide mit Feuersteinen vorwiegend entwickelt, während im Süden hauptsächlich Kalke vorhanden sind, die weisse Kreide gänzlich fehlt und die Mergel nur in geringem Maasse entwickelt sind.

Die weisse Kreide, nach welcher man das ganze System genannt hat, besteht aus einem äusserst feinen, aus mürbem Pulver zusammengesetzten Gesteine, das fast reinen kohlensauren Kalk darstellt. Es finden sich in ihr stets Lager von Feuersteinen, die um so mehr ausgebildet sind, je reiner die Kreide an sich ist und je mehr sie der eigentlichen Schreibkreide nahe kommt. Die Feuersteine finden sich meistens als Ausfüllungen der Versteinerungen und mit Vorliebe da, wo organische Körper einen Mittelpunkt für den Niederschlag des Kiesels abgeben. Die Kreide selbst ist fast durchaus aus mikroskopischen Schälchen von Rhizopoden zusammengesetzt, während in den Feuersteinen hauptsächlich Infusorien und Infusionspflanzen mit Kieselschalen sich finden. In vielen sogenannten Kreidemergeln finden sich beide Elemente in der Art gemengt, dass man Kieselpanzer und Kalkpanzer neben einander antrifft. In der weissen Kreide dagegen sondern sich beide Elemente streng, und in den Feuersteinen erscheinen die Kieselpanzer noch in ursprünglich gallertartig gewesene Kieselerde eingebacken.

Wir betrachten die verschiedenene Gbilde des Kreidesystems, indem wir zuerst die Schichten Englands, Frankreichs und des platten Landes im Norden von Deutschland untersuchen und sodann uns zu den südlichen Formationen wenden.

Kreide in England.

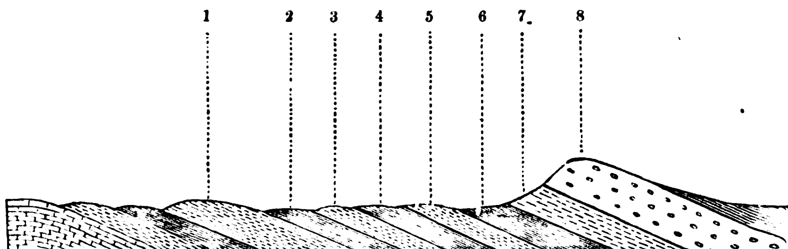
Lagerung und Verbreitung. Die Gebilde der Kreide lehnen sich in England überall nach Osten hin auf das breite jurassische Band auf, welches oben beschrieben wurde. Ein von der Einmündung der Ouse in den Wash her über Cambridge, Oxford und Salisbury nach der Halbinsel Portland gezogene Linie zeigt etwa die Nordwestgrenze der Kreideformation an, längs welcher überall die tieferen Kreideschichten zu Tage treten, während die höheren nach Osten hin unter die Tertiärschichten einschiessen, welche die östliche Küste Englands von der Spitze des Washbusens bis nach Dower hin bilden. Ausser diesem allgemeinen Bande bemerkt man in England noch eine zweischenkelige Ausstrahlung der Kreidegebilde nach Osten hin, welche das domförmig erhobene Wäldergebilde von beiden Seiten umfasst und durch zwei Linien etwa bezeichnet werden kann, von welchen die eine von Salisbury nach Dower, die andere von Salisbury nach Brighton gezogen, die sogenannten Downs einfassen würde. Die tieferen Kreideschichten liegen überall im Innern dieses Kreideschenkels auf den Wälderschichten auf, von denen die höheren Kreideschichten nach allen Seiten zu abfallen. Endlich wird noch ein dritter nach Osten ausstrahlender Schenkel durch die Kreideschichten angedeutet, welche die Südspitze der Insel Wight bilden und die, wie es scheint, der inselartigen Erhebung des Pays de Bray in Nordfrankreich entsprechen. Durch diesen dritten Schenkel wird ein Tertiärbecken eingeschlossen, welches der Insel Wight gegenüber liegt und dessen Spitze etwa bei Salisbury sich befindet. §. 212.

Gliederung. Unterer Grünsand (*Neocomien*). Man unterscheidet in England folgende Schichtengruppen. Auf den oberen jurassischen Schichten liegt der untere Grünsand (*Lower Greensand*), ein feiner, bald loser, bald zusammengekitteter Quarzsand, der eine Menge grüner Körner von Glaukonit enthält. Die losen Sandschichten zeigen öfters braune und rothe Färbungen; zuweilen bilden sich Kalkknoten und unreine Kalkschichten, namentlich in den unteren Schichten. Die mittleren Bänke werden öfter thonig, die oberen eisenhaltig. Ausserdem zeigen sich häufig sandsteinartige Knollen darin, welche einen bedeutenden Gehalt an Phosphorsäure besitzen. §. 213.

Am bekanntesten ist der über 700 Fuss Mächtigkeit zeigende

Durchschnitt von Atherfield an der Südspitze der Insel Wight, wo sich drei Hauptstockwerke zeigen: unten graue oder grün-

Fig. 260.



Idealer Durchschnitt der Kreideschichten in England.

1 *Lower Greensand.* 2 *Speeton-clay.* 3 *Shanklin-sands.* 4 *Gault.* 5 *Upper Greensand.* 6 *Chalk-marl.* 7 *Lower (grey) chalk.* 8 *Upper chalk with flints.*

liche Mergel mit Zwischenlagern von Thon und Sand; darüber Sand- und Thonschichten mit Zwischenlagern von Sandsteinknollen (*Crackers*), beide sehr reich an Versteinerungen und darüber gelber und weisser Sand sehr arm an Fossilen.

In Yorkshire scheint diese ganze Bildung des unteren Grünsandes durch einen eigenthümlichen dunklen schieferigen Thon ersetzt, welchen man den Speetonthon genannt hat. Dieser Thon enthält Nester von härteren Thongallen und Eisenknollen, Adern von Gyps, Schwefelkies und Kalkspath und zeigt zahlreiche Fossilien, welche theils dem eigentlichen Neocomiengebilde, theils auch den höher liegenden Schichten des Gault entsprechen. Auf der Insel Wight findet sich an der Südostseite auf der oberen Grenze der Formation der sogenannte Shanklinsand, welcher theils zu dem untern Grünsand, theils zu dem Gault Analogien zeigt. Die am häufigsten im unteren Grünsand vorkommenden Versteinerungen sind *Toxaster complanatus*, *Terebratula sella*, *Perna Mulleti*, *Exogyra Couloni*, *Cardium hillanum*.

§. 214. **Gault.** Ueber dem untern Grünsande findet sich fast stets eine besondere, oft nur sehr dünne, höchstens 45 Meter Mächtigkeit erreichende Schicht eines Mergels von blauer oder grauer Farbe, der gewöhnlich sehr rauh ist, sich in dünne Schichten blättert und häufig vielen Glimmer enthält, wodurch er seifig und kurz wird. An anderen Stellen findet sich statt dessen ein

plastischer, feiner, blaugrauer Thon, der zur Töpferei verarbeitet wird, zuweilen Knollen von Eisenkies und Kalk enthält. An anderen Orten enthalten diese Knollen vielen phosphorsauren Kalk, so dass sie wahrscheinlich aus Coprolithen entstanden sind. Man hat diese Abtheilung, unter deren charakteristischen Versteinerungen *Hamites attenuatus*, *Rostellaria Parkinsoni* und *Trigonia aliformis* zu nennen sind, mit dem Provinzialnamen Gault bezeichnet.

Oberer Grünsand. Kreidemergel. Weisse Kreide. Der obere Grünsand (*Upper Greensand*) steht dem untern in petrographischer Beziehung nahe, nur dass er noch weit reicher an grünen Körnern und phosphorsauren Knollen ist. Dagegen erreicht er nur eine geringe Mächtigkeit und ist mehr nur eine untergeordnete Gruppe der mittlern Kreide. In der Umgegend des Wäldergebirges ist er durch gelblichgrauen festen kieseligen Sandstein (*Firestone*) ersetzt. §. 215.

Auf ihm liegen die Kreidemergel (*Chalk-marl*), bläulige Mergel mit unreinen, schwammigen, halbfesten Kieselconcretionen (*Cherts*), die nach oben in die graue Kreide (*Grey chalk*) übergehen, welche vertheilten Kieselstoff, viele Fossilien und oft auch Kohlenlager enthält.

Die oberste Stufe wird durch die weisse Kreide gebildet, die durch den Mangel an Ammoniten und die charakteristischen Fossilien:

Ananchytes ovata, *Galerites albogalerus*, *Inoceramus Cuvieri*, *Ostrea vesicularis*, mehr als durch eine scharfe Grenze von den Kreidemergeln unterschieden wird.

Kreide in Belgien, Westphalen und an der Ostsee.

Erstreckung. Einzelne Becken. Von einer Linie an, die man etwa von Valenciennes nach Boulogne ziehen kann, erstrecken sich im nördlichen Flachlande bedeutende Kreideschichten, die grösstentheils von Tertiärgebilden und neueren Anschwemmungen überdeckt, gewöhnlich an dem Rande der Gebirge oder auch in einzelnen Flecken im Flachlande hervortreten, und in dem ganzen Raume der Nord- und Ostseeländer hier und da zu finden sind. Verfolgt man diese Ablagerungen näher, so kann man mehre gesonderte Becken unterscheiden, das belgische Becken, in der Erstreckung von Brüssel bis Aachen, das westphälische Becken, welches das ganze Tiefland zwischen §. 216.

Haardstrang und Teutoburgerwald mit Münster als Mittelpunkt ausfüllt, das hannöversche Becken, welches längs des Nordrandes des Weser- und Harzgebirges einzelne Flecken zeigt; den sächsich-böhmischen Golf, der von Meissen bis gegen Zwittau, dem Laufe der Elbe folgend, zwischen Erzgebirge, böhmischer Terrasse und Riesengebirge sich hinzieht; und endlich das polnische Becken, welches von Krakau aus längs den Karpathen über Lemberg nach Russland hin sich erstreckt. Alle diese Schichten bilden offenbar nur das südliche Ufer eines Kreidemeeres, welches das norddeutsche Hochland umspülte und dessen nördliches Ufer an Scandinavien sich anlegte, so dass auf den dänischen Inseln, auf Rügen und der Ausmündung der Oder noch einzelne Kreidefelsen zu finden sind.

§. 217. **Schichtenfolge bei Aachen. Baggert. Gyrolithen-Sandlager. Weisse Kreide. Faxoekalk.** In der Umgegend von Aachen sind die einzelnen Schichten des belgischen Beckens am ausgiebigsten entwickelt und bieten hier von unten nach oben folgende Lager dar.

Unmittelbar auf den Uebergangsgebilden ruhen dunkle Thone, welche in der Gegend von Aachen mit dem Namen Baggert bezeichnet werden und die zahllose Ueberreste von Meer- und Landpflanzen enthalten, welche theilweise verkohlt, theilweise sehr wohl erhalten sind. Mit diesen Thonen wechseln Lager von Sand oder Sandsteinen ab, welche weisslich oder eisenhaltig sind und zuweilen ebenfalls Pflanzenabdrücke enthalten. Nach oben hin werden diese Sandsteine allmälig mächtiger und verdrängen nach und nach gänzlich die untergeordneten kohligen Thonlager.

Als zweite Schichtenlagergruppen folgen Sandlager von grüngelblicher Farbe und feinem Korn, die zuweilen Kalkknollen enthalten oder auch zu festeren Sandstein sich bilden; die Fossilien finden sich entweder als Kerne oder in Hornstein verwandelt. Nach oben geht dieser Sand in weissgraue oder grünliche oder glimmerhaltige Sandsteine mit erdigem Bruch über, die leicht zerfallen und die eine Menge zusammengewickelter Röhren enthalten, weshalb man diesen Sand auch den Gyrolithensand genannt hat.

Die eigentliche weisse Kreide beginnt bei Aachen mit chloritischer Kreide, über welcher lichte, grauweisse oder ganz weisse Kreidemergel folgen, die in ihren unteren Theilen keine Feuersteine enthalten, während in den oberen Schichten dieselben

reichlich vorkommen. Die chloritische Kreide wird oft so sandig, dass sie dem Grünsande vollkommen ähnlich ist. Die Flintensteine der weissen Kreide selbst sind meistens schwarz und die meisten Versteinerungen kommen in den Mergeln unter den Flintensteinlagern vor.

Ueber dieser weissen Kreide lagert nun noch eine Schichtengruppe, die bis jetzt in England noch nicht nachgewiesen wurde, in Frankreich wahrscheinlich durch den sogenannten *Calcaire pisolitique*, auf den dänischen Inseln durch den Faxoekalk und den Limsteen vertreten wird, und die bei Aachen aus einer Knochenbreccie, aus Korallenkalken, bei Mastricht aber aus der berühmten gelblich erdigen Kreide besteht, in welcher die Höhlen des Petersbergen ausgearbeitet sind. Der Limsteen der dänischen Inseln ist ein weisser grobkörniger, wellenförmig gebogener Kalk mit vielen Korallenbruchstücken, der darauf liegende Faxoekalk ein harter, gelber Korallenkalkstein. *Nautilus danicus*, *Pecten quadri costatus*, *Cidaris Forchhammeri* sind die bezeichnenden Fossile dieser Schichtengruppe, die an anderen Orten noch nicht nachgewiesen wurde, und die über der weissen Kreide aufliegt.

Westphälisches Becken. Neocom. Gault. Flammenmergel. Pläner. In dem westphälischen Becken lagern sich die Kreideschichten so an dem Teutoburgerwalde an, dass ihre Schichtung zum Theil überstürzt erscheint. An die dunklen thonigen und sandigen Schiefer mit Kohlenflötzen lehnen sich gelbbraune, oft eisenschüssige Sandsteine und Mergel, welche *Perna Mulleti*, *Toxaster complanatus*, *Exogyra Couloni* enthalten und so dem Neocom entsprechen. Es bilden diese Sandsteine die höchsten Gipfel des Gebirges, z. B. die Hünenburg. An zwei Stellen, bei Schwanei und Rheine an der Ems, wurde der sonst fehlende Gault durch zwei vereinzelte Ammoniten nachgewiesen. Sonst finden sich überall an dem Neocomsandstein angelagert graue, schwarz-flammige Mergel mit kieseligen Concretionen, vielem Sand und wenig Kalk, sogenannte Flammenmergel, in denen man früher nur sehr selten Versteinerungen gefunden hatte, die aber jetzt durch Eisenbahnen bei Lutter am Barenberge im Harzer Becken aufgedeckt, sich dort als reich an Versteinerungen gezeigt haben, die unzweifelhaft dem Gault angehören. §. 218.

Ueber dem Flammenmergel lagert, bei Essen unmittelbar auf der Kohlenformation, oberer, der Tourtia durch seine Versteinerungen entsprechender Grünsand.

Als weiteres Glied der Kreideformation erscheint ein dünngeschichteter, meistens durch schief gegen die Schichtenfläche gerichtete Absonderungen, in flach nierenförmige Stücke getheilter weisser Kalkstein, der einerseits zuweilen, besonders in seinen unteren Schichten, durch Aufnahme von Thon mergelig und locker wird, und dann auch viele Versteinerungen enthält, andererseits, besonders in seinen höheren Schichten, Kiesel aufnimmt, dann sehr fest und splitterig wird und nur wenige Fossilien enthält. Die unteren Mergel werden oft blaugrau und setzen zuweilen so scharf gegen den weissen Kalk ab, dass man an eine Trennung in zwei Stockwerke glauben könnte. *Micraster bufo*, *Ammonites varians*, *Inoceramus mityloides* bezeichnen diese weissen, besonders längs des ganzen Haarstranges entwickelten Kalksteine mit vollkommener Sicherheit als Analoga des Plänerkalkes in Sachsen.

Auf ihr folgt grauer Mergel, grauweisser, sandiger Kalk, dünner, plattenförmiger Kalkstein oder loser, bald gelber, bald brauner Sand und Sandstein, welche die charakteristischen Versteinerungen der weissen Kreide enthalten.

§. 219. **Harzer Becken. Hilsbildungen.** Am nördlichen Harzrande zeigt sich eine ähnliche Ausbildung der Kreideschichten, indem dort auf unteren Sandsteinen der Gault in Form eines graublauen, plastischen Thones mit *Ammonites auritus*, *Hamites rotundus*, *intermedius*, *Belemnites minimus* auflagert, auf welchen Flammenmergel mit *Ammonites inflatus* und *Avicula gryphoïdes* und endlich Plänerkalk folgt. Diese Schichtenreihe lagert über den sogenannten Hilsbildungen, die besonders im Hannöverschen in der classischen Hilsmulde bei Alfeld nachgewiesen wurden und die offenbar das Analogon des Neocoms sind. Es bestehen diese Hilsbildungen gewöhnlich aus unterem Hilskalkstein oder Hilsconglomeraten, bräunlichen harten, knollig conglomerirten Kalksteinen mit Ein- und Ueberlagerungen von Mergeln, welche durch ihre Versteinerungen vollkommen dem mittleren, eigentlichen Neocomien, den blauen Mergeln von Hauterive bei Neuenburg in der Schweiz entsprechen, aus blauen Hilsthonen, die Eisen und Gyps enthalten, und aus gelblich weissem Hilssandstein, auf welchen dann der Gault in Gestalt der erwähnten Flammenmergel und dann der Pläner folgt. Ueber dem Pläner findet sich dann oberer Quadersandstein, weiss, feinkörnig, Kreidemergel und endlich bei Quedlinburg noch sogenannter Ueberquader im lockeren Sand mit Quarzkieseln und Einlagerungen von

farbigem Thone und Kohle — eine Schichtenfolge, die den oberen Kreidegruppen bis zur weissen Kreide entspricht.

Sächsisch - böhmischer Golf. In ganz eigenthümlicher Weise findet sich die Kreideformation in einem grossen Golfe entwickelt, welcher längs des Elbethales von Weissen und Oberau her in südlicher Richtung nach Böhmen eindringt und das ganze Elbebecken zwischen der böhmischen und mährischen Terrasse, dem Erzgebirge und Riesengebirge bis nach Zwittau hin ausfüllt. In diesem ganzen Gebiete zeigen sich hauptsächlich drei Hauptglieder. Unterer Quadersandstein, Pläner und oberer Quadersandstein. Der untere Quadersandstein besteht aus kieseligen Sandsteinen, bald feinkörnig, bald schieferig oder grobkörnig mit thonigen Bindemittel, Einlagerungen von Quarzconglomeraten, Thon, Schiefer und schlechter Steinkohle, und ist in Sachsen besonders längs dem Rande des Erzgebirges und in der Umgegend von Pirna entwickelt. Auf ihm liegt der Pläner, der besonders das Thal auf dem linken Elbufer von Pirna bis gegen Meissen hin ausfüllt, und der aus lichtblaugrauem, aschgrauem oder gelblichem Kalkmergel von schieferiger Structur, dem Plänermergel und darüber aus dem mergeligen, thonigen, dünnschieferigen Plänerkalk besteht, der leicht verwittert und reich an Versteinerungen ist. Der obere Quadersandstein endlich, welcher besonders die schroffen Felsen (Königstein, Lilienstein etc.) und malerischen Thäler der sächsischen Schweiz bildet, enthält nur wenige Versteinerungen und gleicht in petrographischer Hinsicht durchaus dem unteren Quader. §. 220.

Die sächsisch-böhmische Kreidebildung scheint in ihrem Ganzen dem Turonien und den höheren Schichten Frankreichs zu entsprechen.

Kreide in Frankreich.

Verbreitung. Pariser Becken. Pyrenäisches Becken. Mittelmeerisches Becken. Betrachtet man die Verbreitung der Kreidegebilde in diesem Lande, so zeigen sich sogleich drei grosse Gruppen, die man als Becken bezeichnen kann. Im Norden sieht man im Umkreise von Paris überall Kreideschichten hervortreten, welche einen weiten Kreis um die Hauptstadt bilden, überall nach der Peripherie hin auf den jurassischen oder älteren Schichten auflagern und nach innen hin von den Tertiärgebilden überdeckt werden. Die Erosionen der Flussbetten und §. 221.

des Meeres, sowie besondere partielle Erhebungen an einzelnen Stellen, lassen die Kreide an vielen Orten unter der mächtigen Decke der Tertiärschichten hervortreten, und die Lagerung der Schichten, sowie zahlreiche Aufschlüsse durch Bohrversuche lassen keinen Zweifel übrig, dass das ganze Kreidegebilde eine auf dem Jura auflagernde Mulde bildet, eine flache Schale, in welcher sich die Tertiärschichten später ablagerten. Wir bemerkten schon vorher, dass dieses nordfranzösische oder Pariser Kreidebecken durch eine anticlinale Linie, die in der Fortsetzung der Ardennen gegen Boulogne hinläuft, von dem belgischen Becken zwar getrennt, dass aber diese Trennung nicht vollständig durchgeführt sei, indem die oberen Schichten mit einander zusammenhängen.

Im Südwesten Frankreichs gewahrt man ein zweites kleineres Becken, welches einerseits an das granitische Centralplateau Frankreichs, andererseits an die Pyrenäen angelehnt ist und das man das pyrenäische Becken genannt hat. Im Ganzen findet man von diesem Becken hauptsächlich nur zwei breite Streifen, den einen im Norden, hauptsächlich dem Lauf der Charente folgend, und den anderen im Süden bei Bayonne und andererseits bei Perpignan. Die ganze Zwischenerstreckung ist auch hier von den mächtigen Tertiärschichten des südlichen Frankreichs zu beiden Seiten der Garonne überdeckt.

Eigenthümliche Kreideschichten findet man endlich noch im Südosten Frankreichs in der Nähe der Alpen und unterhalb Valence längs des südlichen Laufes der Rhone, wo sie ebenfalls an das Centralplateau sich anlagern und in die Zusammensetzung der südlichen Alpen eingehen. Diese Schichten setzen sich dann weiter durch die Schweiz und Italien, dem Alpenzuge folgend, fort und hängen mit dem Apennin und den südlichen Kreidebildungen überhaupt zusammen, mit welchen sie gemeinschaftliche Charaktere zeigen, so dass sie nur als Ausläufer eines mittelmeerischen Beckens dastehen, welches längs der Ufer des Mittelmeeres sich hinzieht.

§. 221. **Pariser Becken. Becken der Seine. Néocomien. Urgonien. Austernmergel. Aptien. Plicatulenmergel. Albien oder Gault. Chloritische Kreide. Cénomanien. Craie tuffeau. Turonien. Weisse Kreide. Sénonien. Calcaire pisolitique. Danien.** Das Pariser Becken kann durch eine Linie, die man die Axe von Mellerault genannt hat, in zwei Flügel, das östliche Becken der Seine und das westliche Becken

der Loire oder der Touraine getheilt werden. In dem östlichen Becken kommt die ganze Schichtenfolge vor, während das Becken der Loire sich sehr verschieden zeigt.

Die untersten Schichten der Neocomgruppe, die unmittelbar auf dem Portlandkalke aufruhen und nur in dem östlichen Seinebecken vorkommen, sind gewöhnlich ein weisser oder eisenhaltiger Sand, der an einigen Orten, wie namentlich bei St. Dizier, so viele Eisenknollen enthält, dass er ausgebeutet werden kann. Ueber diesem Sande liegen gelbe oder blaue Kalksteine oder auch blaue Kalkmergel, welche eine grosse Menge von Fossilien enthalten. Die Kalksteine sind gewöhnlich gelb, zuweilen oolitisch, an anderen Orten spathig und bilden an einigen Orten gute Bausteine, während die Mergel ebenfalls oft eine grosse Härte erreichen, aber leicht verwittern. *Ostrea Couloni*, *Crioceras Duvali*, *Toxaster complanatus* sind die vorzüglichsten Leitmuscheln.

Ueber ihnen liegen gewöhnlich graue Mergel, die zuweilen gelb oder blau werden, von Gypskrystallen durchzogen sind, und die unter anderen häufigen Fossilien besonders *Exogyra subplicata* und *Ostrea Leymerii* enthalten, weshalb man sie auch die Austernmergel (*Argiles ostréennes*) genannt hat. Mergelige Kalksteine, die zuweilen gänzlich aus Bruchstücken dieser Austern zusammengesetzt sind, liegen zwischen diesen Mergeln, welche nach oben oft in sandige, vielfach geflammte, gelbe, rothe und grüne Mergel und Sandsteine übergehen, in denen sich zuweilen Eisenkörner und Bohnerz finden, welche an einzelnen Orten, wie bei Vassy, ausgebeutet werden. Diese Schichten, die im Süden noch in ganz anderer Weise entwickelt sind, haben den Namen des Urgonischen Systemes (*Système urgonien*) erhalten.

Ueber den Urgonschichten finden sich graublaue oder gelbe Mergel, die gewöhnlich zur Ziegelfabrikation ausgebeutet werden; an anderen Orten ersetzen gelbe oder graue Kalkmergel oder auch schwärzliche Thone jene gelben Mergel, die als besonders leitende Versteinerung *Plicatula placunea* enthalten, und die man deshalb unter dem Namen der Plicatulenmergel (*Argiles à plicatules*) bezeichnet hat. Man hat diese Mergel, die nach oben oft in Schichten von grünem oder eisenschüssigem Sand übergehen, auch das Aptgebilde (*Terrain aptien*) genannt.

Der Gault (*Etage albien*) zeigt sich fast überall in Gestalt eines schwärzlichen oder blaugrauen Thones von geringer Mächtigkeit, der gewöhnlich sehr viele Versteinerungen enthält und zuweilen durch glaukonitische Sandsteine ersetzt ist.

Ueber dem Gault folgt die chloritische Kreide (Gebilde von Mans, *Etage cénomanien*), kreidige, thonige oder sandige Kalke von gelblicher oder grünlicher Farbe, Sandbänke mit Kieselnieren und Glaukonitkörnern, welche mit grauen, blauen oder gelben Thonen abwechseln, *Cardium hiltanum*, *Exogyra columba*, *Ammonites rhotomagensis* enthalten, und im Norden Frankreichs, wo sie oft Conglomerate bilden, unter dem Namen der Tourtia bekannt sind.

Hierauf folgt der Kreidetuff (*Craie tuffeau*, Stockwerk der Touraine, *Etage turonien*), gelbliche oder weissliche, zerreibliche Kreide mit vielem Mergel und grünen Chloritkörnern, oft auch mit hellen Kieseln, die besonders in der Tourraine selbst sehr entwickelt sind, wo in dieser Formation auch noch Glimmermergel und gelbe schwammige Kreide sich findet. Man kann sagen, dass mit einigen geringen höchst localen Ausnahmen dieses Stockwerk für sich allein die ganze Ausdehnung des Beckens der Loire erfüllt, das sich von der Mündung der Seine bis nach Sancerre und Poitiers erstreckt, hier aber fast überall von Tertiärgebilden überdeckt ist, so dass die Kreidegebilde meist nur in der Tiefe der Flussthäler hervortreten. *Ammonites Lewesiensis*, *Acteonella crassa*, *Inoceramus problematicus*, *Trigonia scabra* sind die wesentlichen Leitmuscheln dieses Stockwercks.

Die weisse Kreide (Senongebilde, *Etage sénonien*) findet sich in ausserordentlich weiter Ausdehnung auf drei Vierteln eines weiten Kreises, den man um Paris als Mittelpunkt beschreiben kann. Im Osten bildet sie ein breites zusammenhängendes Band, dessen grösste Breite etwa durch eine Linie von Epernais nach St. Ménéhoud bezeichnet wird. Im Norden und Nordwesten wird sie von Tertiärgebilden überdeckt, so dass die Kreideschichten hauptsächlich nur in der Tiefe der Flussthäler hervortreten.

Als oberstes Glied der Kreide findet sich in der Umgegend von Paris, bei Montereau, Bougival, Port Marly, Vigny und Laversine, der sogenannte Eisenkalk (*Calcaire pisolithique*), ein gelblicher eisenhaltiger Knotenkalk, der zuweilen in grüne und weisse Sandsteine übergeht und nach den neuesten Beobachtungen wirklich der Kreide anzugehören scheint. Man stellt ihn mit den obenerwähnten Bildungen des belgischen Beckens und der dänischen Inseln zusammen unter dem Namen des dänischen Stockwercks (*Terrain danien*).

Touraine. Caprotinenkalk. In dem südwestlichen französischen Becken, welches hauptsächlich dem Laufe der Charente folgt und den nördlichen Flügel der Pyrenäenmulde darstellt, finden sich, wie schon bemerkt, die untersten Schichten der Kreide nicht, die hier schon den südlichen Charakter anzunehmen beginnt. Als unterste Lagen erscheinen hier graue blätterige Thone mit unvollständigen Kohlen, Schwefelkiesen und Gypsen, die zuweilen mit eisenschüssigen Sandschichten und sandigen Kalken wechseln, und in denen man besonders Rudisten, Cyclolithen und viele Seeigel findet. Darüber kommen graue und gallige Kalkmergel, gelbe oder braune eisenschüssige Sandschichten mit grünen Punkten, harte Kalksteine, bald hellgelb, bald weisslich, oft kreideähnlich, in welchen besonders die Rudisten verbreitet sind. Diese Zone heller grauer Sandsteine, in welchen sich Rudisten und Caprotinen finden, erscheint als leitender Horizont auf einer weiten Erstreckung des Beckens und kommt auch auf dem Nordabhange der Pyrenäen wieder vor; man unterschied sie früher unter dem Namen des Caprotinenkalkes und stellt sie jetzt mit den folgenden Schichten in das Cénomanien, welchem die zweite Rudistenzone angehört. §. 222.

Ueber diesem Caprotinenkalke finden sich hellgelbe Mergelkalke, die besonders Austern und Ammoniten enthalten, graue Kalkmergel und darauf eine neue Zone von Rudistenkalk, der bald vollständig weiss und rein, bald gelblich ist und, je nach der Häufigkeit der Rudisten, bald die Weichheit der Kreide, bald die Härte eines krystallinischen Kalkes annimmt. Man hat diese Zone die dritte Rudistenzone genannt und, wie es scheint, entspricht sie der turonischen Schichtengruppe des nördlichen Beckens und besitzt die grösste geographische Ausdehnung, indem sie von Lissabon aus durch Spanien, Frankreich, Italien, die europäische Türkei bis nach Kleinasien sich hinzieht und nicht minder in Aegypten und Nordamerika auftritt. Die Rudisten finden sich überall in ihrer natürlichen Lage innerhalb der Schichten, eine Muschel neben der anderen aufrecht stehend, mit dem kleinen Deckel nach oben, und einander gegenseitig in ihrer Entwickelung hemmend, wie dies auch in den Austerbänken der Fall ist.

Als oberste Schichtengruppe erscheinen nun hellgelbe oder weissliche deutlich geschichtete Kalke, welche ebenfalls Rudisten enthalten, deren vierte Zone sie darstellen, und die durch ein Zwischenlager von grauer, mergeliger oder grünlicher Kreide von der dritten Zone getrennt sind. Es entspricht diese oberste

Rudistenzone ohne Zweifel der weissen Kreide der nördlichen Becken.

Kreide in der Schweiz, Savoyen und dem südwestlichen Frankreich.

§. 223. **Unteres Néocomien. Valanginien. Mittleres Néocomien. Caprotinenkalk. Urgonien. Pterocerenkalk. Aptien. Gault.** An dem Südrande des schweizerischen Jura erstreckt sich von Biel an bis gegen Genf hin ein langes, schmales, hier und da unterbrochenes Band von eigenthümlichen Kalk- und Mergelgebilden, das von dem Hauptorte seiner Entwickelung, von Neuchâtel her, den Namen des Néocomien erhalten hat. Es dringen diese Gebilde auch in die inneren Thäler ein und verbinden sich in der Nähe von Genf und Chambery mit den Kreidegebilden, welche in den Alpen in ausgiebigem Maasse entwickelt sind und sich von dort aus bis in die Provence einerseits, und bis nach Wien hin andererseits erstrecken.

Als unterste Schicht zeigt sich in der Gegend von Neuchâtel sowie bei Ste. Croix ein harter, eisenschüssiger, mehre hundert Fuss mächtiger, mit gelben Mergeln wechselnder Kalkstein, der zuweilen grünlich wird und an einzelnen Stellen soviel Eisen enthält, dass er auf dasselbe ausgebeutet wird. Man hat diesen Kalkstein, in welchem *Toxaster Campichei* und *Pholadomya Scheuchzeri* die wesentlichsten Leitmuscheln bilden, das Gebilde von Valangin (*Etage valanginien*) genannt.

Ueber diesen Kalken, die bis jetzt nur an wenigen Orten nachgewiesen wurden, ohne Zweifel aber eine weitere Verbreitung besitzen, liegen blaue versteinerungsreiche Mergel, in welchen hauptsächlich *Toxaster complanatus*, *Ostrea Couloni* die Hauptmuscheln sind. Es ist dies die eigentliche Néocombildung.

Der allmälige Uebergang dieser blauen Mergel in gelbe, sehr spathreiche Kalksteine nöthigt diese gelben Kalke als zu den Mergeln gehörig betrachten.

Verfolgt man die Schichten weiter nach Genf hin, längs des Jura, so verliert sich allmälig die gelbe Farbe, der Kalk wird weiss, selbst kreideartig und enthält eine grosse Menge von *Caprotina ammonia*, weshalb man ihn auch den Caprotinenkalk genannt hat. Dieser Caprotinenkalk bildet, die äusserste Decke des Jura vom Mauremont bei La Sarraz bis zum Fort de l'Ecluse und tritt

mit der Rhone in die Thäler der Valserine und der Rhone selbst ein. Dort zeigt sich das Urgonien oder obere Néocomien, in welches die Flüsse tief eingeschnitten sind, aus zwei Schichtengruppen zusammengesetzt, aus einem oberen gelben Kalk, welchen man wegen der Anwesenheit grosser Pteroceren, den Pterocerenkalk genannt hat, und aus dem unteren weissen Caprotinenkalk; über diesen Schichten liegen dann gelbe Mergel, grüne harte oder graue Sandsteine, welche den Aptgebilden angehören und zwei Stockwerke in denselben anzudeuten scheinen, und auf diese folgt grüner oder rother mergeliger Sand und Sandstein, der seinen Fossilen nach der Gault ist. Dieselben Schichtenfolgen, in welchen dann hauptsächlich die Caprotinen und Rudistenkalke hervortreten, finden sich in der ganzen Provence wieder, und schon in der Umgegend von Aix und Chambery zeigen sich als Auflagerung auf den jurassischen Gebirgen mächtige Massen weisser Rudistenkalke, welche schroffe Felswände bilden. Endlich hat man im Inneren der Jurathäler, wie bei Ste. Croix, bei der Presta im Val de Travers, so wie bei Suaillon bei Neuenburg noch Schichten nachgewiesen, die dem Cénmoanien entsprechen.

Alpen. Spatangenkalk. Caprotinenkalk. Gault. Seewerkalk. Dringt man in östlicher Richtung weiter in die Alpen selbst vor, so findet sich überall an dem Nord-, wie an dem Südabhange des grossen Alpenzuges eine Zone von Gesteinen entwickelt, die auf den jurassischen Alpengebilden auflagert und ihren Fossilien nach für Kreide erkannt werden muss, obgleich die Gesteinsbeschaffenheit eine äusserst verschiedene ist. Das untere und mittlere, eigentliche Néocomien zeigt sich gewöhnlich in Gestalt eines schwarzen, mergeligen oder sandigen Kalksteines, der mit schwärzlichen Thonschiefern wechselt, dünn geschichtet ist, die charakteristischen Versteinerungen *Toxaster complanatus*, *Exogyra Couloni* enthält und zuweilen mit dem Namen des Spatangenkalksteines bezeichnet wurde. Anderwärts ist dieser schwarze schieferige Kalk durch graue compacte Kalke oder selbst, wie in den Venetianeralpen, durch harte weisse Sandsteine ersetzt. §. 224.

Ueber dieser Schicht liegt ein meist grauer compacter, oft hellfarbiger Kalkstein, welchen Escher mit dem Namen des Schrattenkalkes bezeichnet hat und der durch seine organischen Einflüsse sich als Caprotinenkalk zu erkennen giebt und offenbar dem Urgonien entspricht. Diese beiden harten Kalkstufen

bilden für sich bedeutende Berge, wie den Brienzergrat, den Sentis und andere, so dass das Néocomien im Ganzen eine sehr bedeutende Entwickelung in den Alpen zeigt.

Unmittelbar über diesen Kalken finden sich schwärzliche Kieselkalke, innig gemengt mit grünlichen Körnern, die an der Oberfläche durch Oxydation röthlich werden und namentlich schon in der Montagne des Fis in Savoyen seit langer Zeit als zur Kreide gehörig erkannt wurden, sonst aber auch namentlich am Saxonnet und dem Reposoir entwickelt sind. Die Fossilien, welche diese Schicht enthält, lassen keine Zweifel über ihre Stellung übrig. Es ist offenbar veränderter Grünsand, der dem Gault entspricht.

Ueber diesem Grünsande findet sich stellenweise, wie namentlich in Glaris, in Appenzell, am Sentis und weiter hinaus, eine mächtig entwickelte Kalkformation aus rothen und grauen Kalken bestehend, welche *Ananchytes ovatus*, *Inoceramus Cuvieri* enthalten und sich dadurch als Analogon der weissen Kreide zu erkennen geben. In diesen Kalken, welche man den Seewerkalk oder Inoceramenkalk genannt hat, finden sich, sowie in den Schrattenkalken, viele gewellte Thonblätter, die bei dem Auswaschen durch den Regen jene eigenthümlich gewundenen Rinnen und Canäle erzeugen, die durch scharfe Rippen getrennt sind und in der Schweiz Karren oder Schratten genannt werden.

§. 225. **Oestliche Alpen. Gosauschichten.** Geht man noch weiter nach Osten hin, so findet man in Tyrol, Baiern, Salzburg und Oesterreich den Néocom, Rudistenkalk und Gault ganz in ähnlicher Weise wie in den westlichen Alpen, darüber aber ein mächtiges Gebilde aus wechsellagernden Mergelmassen, grauen Sandsteinen mit verkohlten Pflanzenresten, blaugrauen Kalksteinen und weisslichen Hippuritenkalken zusammengesetzt, welche man unter dem Namen der Gosauschichten bezeichnet hat. Es scheinen diese Schichten dem Turonien und der weissen Kreide zusammen zu entsprechen; im Allgemeinen aber mehr zu dem Turonien gerechnet werden zu müssen.

Auf die übrigen in- und ausser-europäischen Länder einzugehen, verbietet der Raum.

§. 226. Unter den charakteristischen Versteinerungen der verschiedenen Stockwerke des Kreidegebildes nennen wir die folgenden, meist abgebildeten, indem wir hinsichtlich der übrigen auf die vergleichende Uebersicht verweisen.

Unterstes Néocomien (Valanginien). *Pygurus rostratus. Toxaster oblongus Campichei.*

Mittleres (eigentliches) Néocomien; Hilsconglomerat. Unterster Grünsand und Speeton-Thon. *Nautilus plicatus* (Fig. 261). *Ancyloceras gigas* (Fig. 262). *Crioceras Duvalii* (Fig. 263). *Scaphites Ivani* (Fig. 264). *Pleurotomaria Neocomensis* (Fig. 265).

Fig. 261. Fig. 262.

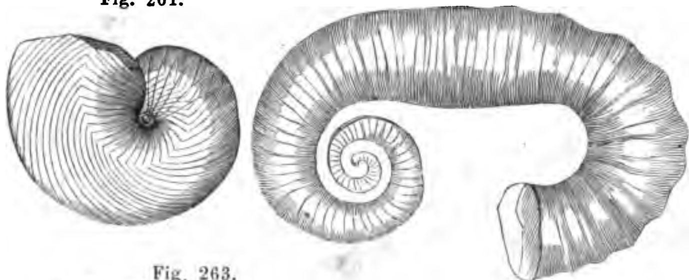


Fig. 263.



Fig. 264.



Fig. 265.



Fusus Neocomensis (Fig. 266). *Perna Mulleti* (Fig. 267). *Trigonia caudata* (Fig. 268). *Gervillia anceps* (Fig. 269). *Exogyra*

Fig. 267.

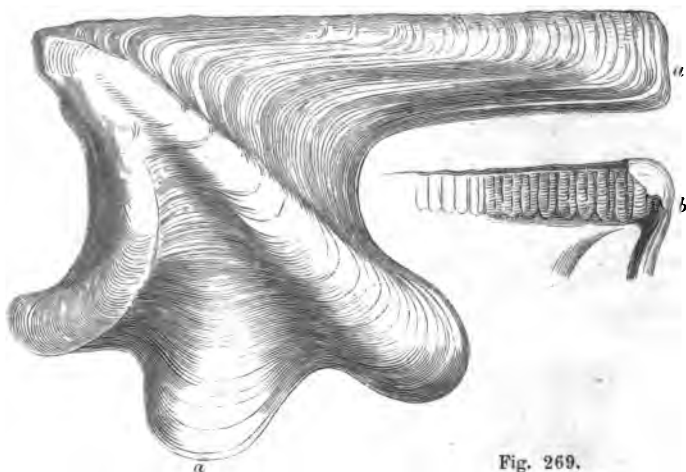


Fig. 269.



Fig. 268.



Fig. 266.



Couloni (Fig. 270). *Janira atava* (Fig. 271). *Nucula pectinata* (Fig. 272). *Rhynchonella sulcata* (Fig. 273). *Terebratula sella* (Fig. 274). *Toxaster complanatus* (Fig. 275). *Pygaulus Moulinsi* (Fig. 276).

Oberes Néocomien; Urgonien; Rudisten-Kalk. Obere Hilsbildung.

Fig. 270.





Fig. 271.





Fig. 272.





Fig. 273.



Caprotina ammonia, *Lonsdali*. *Ostrea Leymerii*. *Pteroceras Oceani* (Fig. 277).

Apt-Mergel; Plicatulen-Mergel. *Ancyloceras Matheronianus*

Fig. 275.



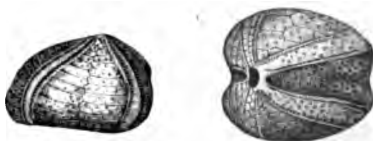


Fig. 274.

Fig. 276.



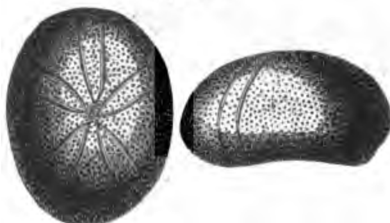


Fig. 277.



(**Fig. 278**). ***Plicatula placunea*** (**Fig. 279**). ***Exogyra aquila*** (**Fig. 280**). ***Ostrea macroptera.***

Fig. 278.



Fig. 279.

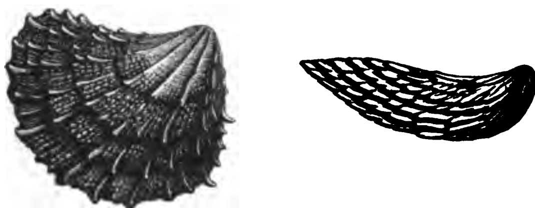
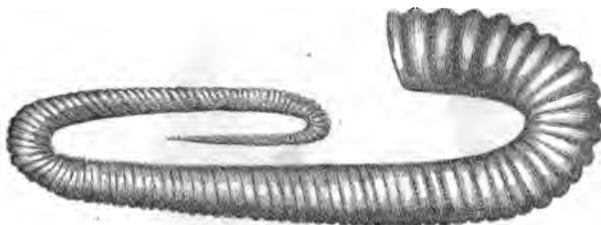


Fig. 280.



Fig. 281.



Gault. Albien. *Ammonites Mayorianus*, *inflatus*, *interruptus*, *mammillatus*. *Hamites attenuatus* (Fig. 281). *Solarium ornatum* (Fig. 282). *Rostellaria Parkinsoni* (Fig. 283). *Avellana incrassata*

Fig. 282.



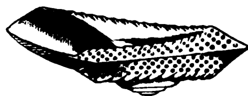


Fig. 283.



Fig. 285.



Fig. 284.



Fig. 286.



(Fig. 284). *Turrilites catenatus* (Fig. 285). *Inoceramus concentricus, sulcatus* (Fig. 286). *Trigonia aliformis. Nucula bivirgata* (Fig. 287). *Terebratella Asteriana* (Fig. 288). *Discoidea cylindrica* (Fig. 289).

Fig. 287.

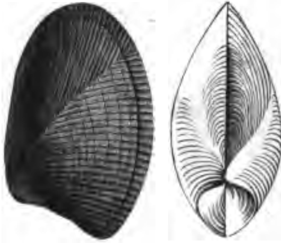


Fig. 288.

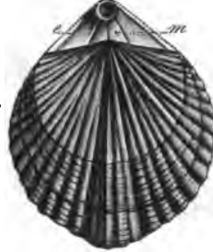


Fig. 289.



Fig. 290. Fig. 291.

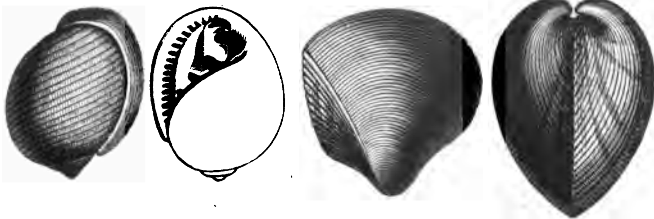


Fig. 292. Fig. 294.



Cénomanien; Tourtia; Oberer Grünsand; Unterer Quader. *Avellana cassis* (Fig. 290). *Cardium Hillanum* (Fig. 291). *Inoceramus striatus. Pecten Beaveri* (Fig. 292). *Janira multi-costata* (Fig. 293). *Ostrea carinata* (Fig. 294), *columba* (Fig. 295). *Terebratula biplicata* (Fig. 296). *Salenia personata* (Fig. 297). *Pygaster*

Fig. 293. Fig. 295.

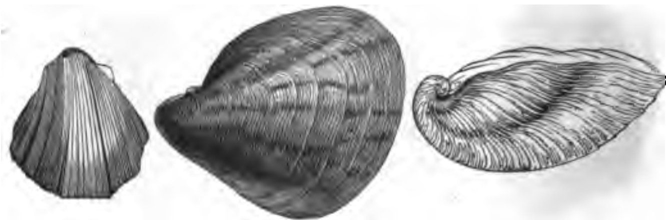


Fig. 296.

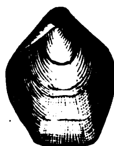


Fig. 297.







Fig. 298.





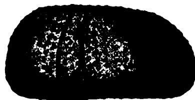
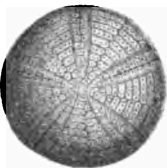
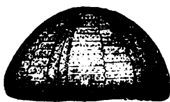


Fig. 299.







truncatus (Fig. 298). *Discoidea subuculus* (Fig. 299). *Goniopygus major* (Fig. 300). *Escharina Oceani* (Fig. 301).

Turonien. Kreidemergel. Pläner und oberer Quader. *Natica lyrata* (Fig. 302). *Acteonella crassa* (Fig. 303), *laevis* (Fig. 304).

Fig. 300.





Fig. 301.



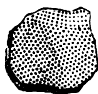


Fig. 302.



Fig. 303.



Fig. 305.





Fig. 308.

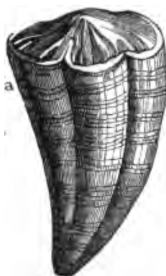


Fig. 306.





Fig. 304.





Trigonia scabra (Fig. 305). *Inoceramus problematicus* (Fig. 306). *Caprina Aquiloni* (Fig. 307). *Hippurites organisans* (Fig. 308). *Toucasiana* (Fig. 309). *Radiolites radiosus* (Fig. 310). *Hamites spiniger* (Fig. 311). *Terebratula lyra* (Fig. 312). *Siphonia pyriformis* (Fig. 313). *Cyclolites elliptica* (Fig. 314). *Opis elegans* (Fig. 315). *Voluta elongata* (Fig. 316).

Fig. 307.



Fig. 309.



Fig. 311.

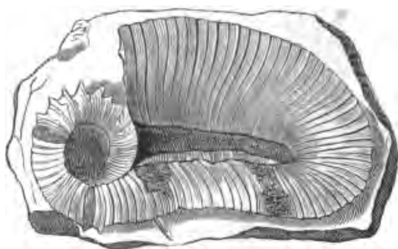


Fig. 310.

a



b



Weisse Kreide. Senonien. Seewer-Kalk. *Belemnitella mucronata* (Fig. 317). *Scaphites aequalis* (Fig. 318). *Turrilites co-*

Fig. 312.

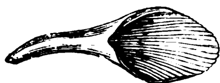
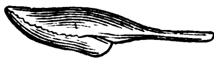



Fig. 313.



Fig. 314.



Fig. 316.



Fig. 315.

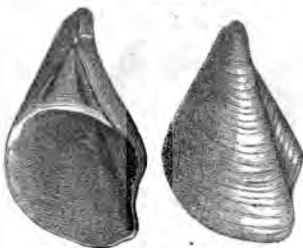



Fig. 317.



Fig. 318.



status (Fig. 319). *Baculites anceps* (Fig. 320). *Spondylus spinosus* (Fig. 321). *Crania Ignabergensis* (Fig. 322). *Thecidea papillata* (Fig. 323). *Ostrea vesicularis* (Fig. 324). *Terebratula bipli-*

Fig. 320.



Fig. 319.



Fig. 321.

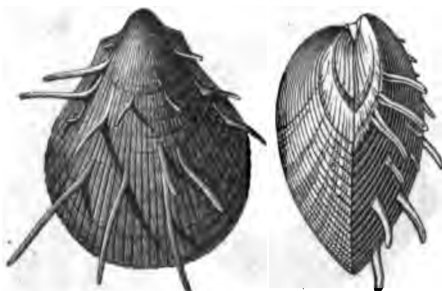


Fig. 323.



Fig. 324.

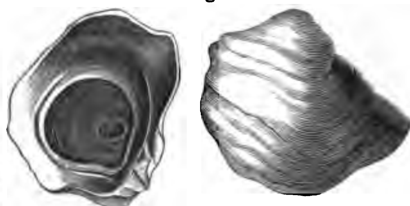


Fig. 322.



Fig. 337.

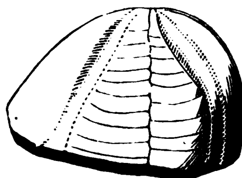


Fig. 325.



cata (Fig. 325). *Ananchytes ovatus* (Fig. 326). *Micraster cor-anguinum* (Fig. 327). *Galerites albo-galerus* (Fig. 328). *Marsupites Milleri* (Fig. 329). *Inoceramus* (*Catillus*) *Lamarcki* (Fig. 330).

Fig. 326.

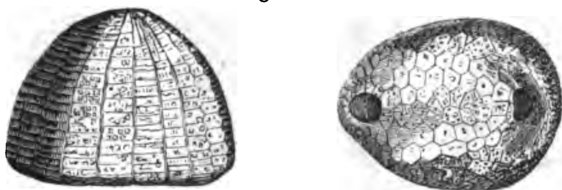


Fig. 328.



Fig. 327.

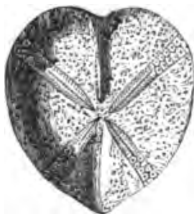


Fig. 330.



Fig. 329.



Foraminiferen; *Lituola nautiloidea* (Fig. 331): *Bulimina obliqua* (Fig. 332). *Textularia aciculata* (Fig. 333), *striata* (Fig. 334).

Fig. 331.

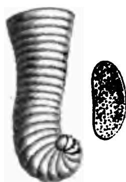


Fig. 332.



Fig. 333.



Fig. 334.

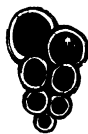


Fig. 335.

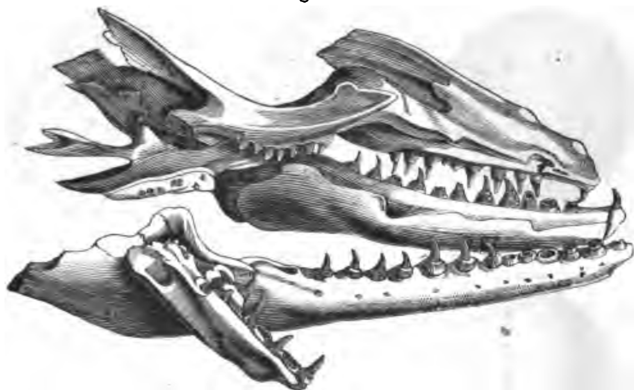
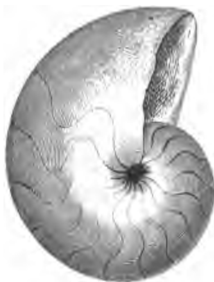
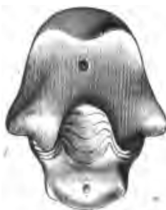
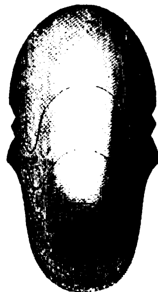


Fig. 336.



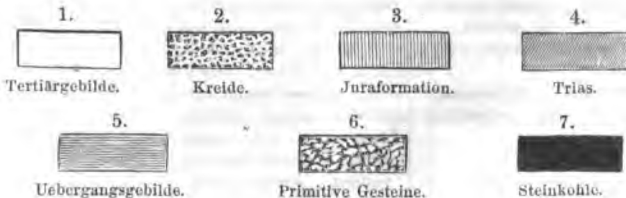




Danien; Maestrichter-Kreide; Faxoe-Kalk. *Mosasaurus Hofmanni* (Fig. 335). *Nautilus Danicus* (Fig. 336). *Hemipneuster radiatus* (Fig. 337).

Fig. 338.

Karte des Tertiärbeckens von Paris.



§. 227. Vergleichung der Kreidegebilde in verschie

England.	Frankreich und Belgien.	Mont Jura.
	Danien; Maestrichter Kreide. *Mosasaurus Hofmanni. Nautilus Danicus. Hemipneustes radiatus. Cidaris Forchhammeri. Belemnitella mucronata.*	
Upper white Chalk with flints. *Belemnitella mucronata. Inoceramus Cuvieri, Brongniarti. Ostrea vesicularis. Apiocrinus ellipticus. Ananchytes ovata. Galerites a bo-galerus, subrotundus. Marsupites ornata, Milleri. Diadema granulosum. Cidaris cretosa. Micraster cor-anguinum. Terebratula carnea, subrotunda, semiglobosa, subplicata. Spondylus striatus. Pecten nitidus. Baculites anceps, Faujasi. Crania Ignabergensis. Coscinopora infundibuliformis.*	**Sénonien.** *Belemnitella mucronata. Nautilus Dekayi. Ammonites Pailletianus. Scaphites compressus. Baculites anceps, incurvatus. Hamites cylindraceus, indicus. Turritella coquandiana. Nerinea bisulcata. Pholadomya aequivalvis. Acteonella gigantea, voluta. Trigonia limbata. Gervillia solenoides. Inoceramus Goldfussi, Lamarckii, regularis. Pecten Dujardini. Janira quadricostata. Ostrea curvirostris, frons, Matheroniana, larva, turonensis, vesicularis. Rhynchonella vespertilio. Magas pumilus. Terebratula carnea, semiglobosa. Crania antiqua, costata, Ignabergensis.*	

enen Ländern nach Lagerung und Versteinerungen.

Alpen.	Norddeutschland.	Sachsen.
	Kreide von Faxoe.	
	Nautilus Danicus. Cidaris Forchhammeri. Pyrina Freuchenii. Brachyurites rugosus. Ananchytes semiglobus. Isis faxoensis. Cypraea bukaria. Baculites Faujasi. Belemnitella mucronata.	
Seewerkalk.	**Kreide.**	**Oberer Quader.**
Ammonites Lewesiensis, peramplus. Inoceramus Cripsii, Cuvieri, regularis. Ananchytes ovata. Micraster cor-anguinum.	*Ammonites Lewesiensis. Belemnitella mucronata. Baculites anceps.*	
	Turrilites polyplocus.	
	Turritella sexlineata.	
	Ostrea vesicularis, sulcata, laciniata.	*Ostrea columba.*
	Pecten muricatus.	*Pecten quadricostatus.*
	Janira quadricostata.	*Lima canalifera.*
	Trigonia aliformis.	
	Inoceramus Cripsii.	*Inoceramus mytiloides, Brongniarti.*
	Terebratula pisum, Becksii.	*Terebratula octo-plicata.*
	Pinna quadrangularis.	*Pinna diluviana, Cottai.*
	Pholadomya caudata.	
	Asterias quinqueloba.	*Asterias Schulzi.*
	Micraster cor-anguinum.	
	Ananchytes ovata.	*Spatangus suborbicularis.*
	Coeloptychium agaricioides.	*Spongites saxonicus.*
	Galerites albo-galerus.	

England.	Frankreich und Belgien.	Mont Jura.
	Thecidea papillata, recurvirostra. Hemipneustes radiatus. Ananchytes gibba, ovata. Micraster cor-anguinum. Galerites albogalerus. Nucleolites crucifer. Diadema Kleinii. Marsupites ornatus.	
Chalkmarl.	**Turonien.**	
Ammonites Mantellii, peramplus, rhotomagensis, varians. Scaphites aequalis. Turrilites tuberculatus. Lima Hopei. Plicatula inflata. Spondylus spinosus. Exogyra aquila. Inoceramus Cuvieri, mytiloides. Ostrea vesicularis. Cidaris variolaris. Galerites albogalerus. Echinus areolatus. Echinoneus lampas. Pachymya gigas. Trochus Rhodani.	*Nautilus sublaevigatus. Ammonites Lewesiensis, papulis, peramplus, rusticus, Woolgari. Nerinea Requieniana. Acteonella crassa, laevis. Natica lyrata, subbulbiformis. Pleurotomaria Gallienei. Voluta elongata. Cerithium peregrinum. Cyprina intermedia, Novellana. Trigonia scabra. Pinna quadrangularis. Inoceramus problematicus Pecten curvatus. Spondylus Hippuritanus. Rhynchonella Cuvieri, deformis. Hippurites cornu pastoris, organisans. Caprina Aguiloni. Radiolites acuticosta, Ponsiana, radiosa. Biradiolites cornu-pastoris. Hemiaster Tourneli. Cyclolites undulata, elliptica.*	

Alpen.	Norddeutschland.	Sachsen.
	Kreidemergel (Pläner). *Turrilites costatus.* *Ammonites peramplus, varians.* *Inoceramus.* *Terebratula octoplicata, semiglobosa.* *Galerites cylindricus.* *Micraster cor-anguinum.* *Holaster subglobosus.*	**Oberquader.** *Lmia canalifera. Pecten quadricostatus. Pinna Cottai, diluviana. Inoceramus Brongniarti, mytiloides. Ostrea columba. Terebratula octoplicata. Spatangus suborbibularis. Asterias Schulzii. Spongites saxonicus.*
		Plänerkalk. *Beryx ornatus. Osmeroides Lewesiensis. Macropoma Mantellii. Pollicipes laevis. Nautilus elegans. Ammonites peramplus. Scaphites aequalis. Hamites armatus, ellipticus. Turrilites polyplocus. Baculites baculoides. Scalaria decorata. Natica canaliculata. Pleurotomaria linearis. Cerithium clathratum. Nucula pectinata. Cardita tenuicosta. Inoceramus Brongniarti, Cuvieri, striatus. Pecten Dujardini, membranaceus, quinquecostatus. Lima Hopei, elongata. Ostrea hippopodium, semiplana. Terebratula carnea, gracilis,*

England.	Frankreich und Belgien.	Mont Jura.
Upper Greensand. *Janira aequi-costata. Pecten asper, orbicularis. Ostrea lateralis, conica, columba. Arbacia granulosa. Galerites subuculus. Salenia petalifera. Micrabacia coronula. Siphonia pyriformis. Nautilus elegans. Protocardia Hillana. Trigonia scabra.*	**Cénomanien.** *Nautilus triangularis. Ammonites falcatus, Mantelli, Rhotomagensis, varians. Scaphites aequalis. Baculites baculoides. Turrilites costatus. Nerinea monilifera. Pterodonta inflata. Natica vulgaris. Rostellaria calcarata. Fusus quadratus. Strombus inornatus. Panopaea ovalis, substriata. Cyprina cuneata, oblonga, rostrata. Cardium cenomanense, Guerangeri, Hillanum. Pectunculus sublaevis. Inoceramus striatus. Pecten asper, elongatus. Janira aequicostata, phaseola. Spondylus striatus. Ostrea columba, carinata, flabella. Rhynchonella Lamarckiana. Terebratula biplicata. Radiolites agariciformis, polyconilites, triangularis. Caprina bipartita. Caprotina quadripartita. Caprinella latopygus, carinata. Discoidea cylindrica.*	**Grès vert supérieur** (Cénomanien). *Ammonites Couloni, navicularis, rhotomagensis, varians. Nautilus Deslongchampsianus. Turrilites costatus, tuberculatus. Scaphites aequalis. Pleurotomaria formosa. Phorus subcylindricus. Nucula impressa. Holaster Sandoz, subglobosus.*

Alpen.	Norddeutschland.	Sachsen.
		Mantelli, octoplicata. Micraster cor-anguinum. Cidaris granulosa. Turbinolia centralis.
	Grünsand. *Ammonites varians. Arca isocardiformis. Ostrea carinata, haliotoidea, lateralis, macroptera. Terebratula canaliculata, gallina, pectoralis, Nerviensis. Manon peziza.*	**Plänermergel.** *Lamna raphiodon. Pycnodus complanatus. Nautilus elegans. Ammonites Mantelli, rhotomagensis. Nerinea Geinitzi. Natica nodosa. Pleurotomaria texta. Mytilus Gallienei, lineatus. Inoceramus mytiloides. Pecten acuminatus, elongatus, laevis, notabilis. Lima divaricata, tecta. Ostrea biauriculata, carinata, conica, diluviana, haliotoida, hippodium, sigmoidea. Hippurites ellipticus, Germani. Terebratula biplicata, gallina. Cidaris clavigera, vesiculosa. Tragos astroides.*
		Unterquader. *Nautilus elegans. Ammonites Mantellii. Nerinea longissima. Cardium Hillanum. Spondylus striatus. Lima pseudocardium. Avicula anomala. Mytilus Gallienei, Neptuni. Pinna Cottai, diluviana. Inoceramus mytiloides, striatus. Pecten acuminatus, aequicostatus, asper, digitalis, notabilis. Ostrea carinata, columba, diluviana, haliotoidea, semiplana. Hippurites Germani, Saxoniae.*

England.	Frankreich und Belgien.	Mont Jura.
Gault.	**Albien.**	**Gault.**
Belemnites minimus. Ammonites auritus, fissicostatus, mammillatus, rhotomagensis, splendens, tuberculatus. Hamites armatus, rotundus. Avellana incrassata. Rostellaria carinata, Parkinsoni. Dentalium decussatum. Nucula ovata, pectinata. Trigonia aliformis. Inoceramus concentricus, sulcatus. Ostrea macroptera.	*Nautilus Clementinus. Ammonites Beudanti, Deluci, interruptus, inflatus, Lyelli, mammillaris, Milletianus, regularis, splendens, varicosus. Hamites attenuatus, rotundus. Turrilites catenatus. Scalaria Clementina. Avellana incrassata, inflata. Natica gaultina. Trochus conoideus. Solarium dentatum, ornatum. Pleurotomaria Gibsii, gurgitis. Rostellaria carinata, costata, Parkinsoni. Dentalium decussatum. Leda subrecurva. Thetis minor. Cardita tenuicostata. Trigonia aliformis. Nucula pectinata. Arca carinata, fibrosa. Inoceramus concentricus, sulcatus. Ostrea Arduennensis. Terebratula Dutempleana. Holaster laevis. Discoidea rotula. Diadema Brongniarti.*	*Ammonites Beudanti, Deluci, inflatus, latedorsatus, mammillatus, Mayorianus, Milletianus, Parrandieri, regularis, tardifurcatus, varicosus. Turrilites Bergeri, Pusozianus. Hamites Saussureanus, flexuosus. Baculites baculoides. Pterocera retusa. Turbo Gresslyanus. Natica Gaultina. Rostellaria Orbignyana. Solarium cirrhoides, conoideum. Avellana subincrassata. Arca carinata. Nucula albensis, ovata, pectinata, subrecurva. Ostrea carduennensis, Milletiana. Inoceramus concentricus, sulcatus. Terebratula Dutempleana. Plicatula radiola. Holaster laevis.*
	Aptien.	**Aptien supérieur.**
	Nautilus Lallierianus, plicatus. Ammonites fissicostatus, Martini, Matheroni, nisus, Boyerianus. Ancyloceras Matheronianus, simplex. Cerithium aptiense, Gargasense. Den-	*Ammonites mammillaris, Cardium Dupinianum. Trigonia aliformis. Arca fibrosa. Ostrea aquila. Astarte Brunneri. Rhynchonella lata. Terebratula Dutempleana.*

Alpen.	Norddeutschland.	Sachsen.
		Fungia coronula. Spongia Ottoni. Credneria cuneifolia. Pterophyllum cretosum, saxonicum. Pecopteris linearis, Schoenae.
Gault. *Ammonites Beudanti, mamillatus, Mayorianus, Milletianus, subalpinus. Nautilus Bouchardianus, Clementinus. Belemnites minimus. Hamites attenuatus, Bouchardianus, Charpentieri, elegans. Baculites baculoides. Turrilites Bergeri. Avellana subincrassata. Natica gaultina, Raulinianа. Solarium cirrhoide. Pleurotomaria gaultina, lima. Inoceramus concentricus, sulcatus. Rhynchonella sulcata. Terebratula Dutempleana. Holaster subglobosus, suborbicularis. Salenia personata. Diadema Brongniarti.*	**Gault (Flammenmergel).** *Turrilites Pusozianus. Ammonites Mayorianus, inflatus, varians, auritus, interruptus, calvus, tuberculatus, Guersanti, splendens, Renauxianus, varicosus. Hamites armatus, rotundus. Belemnites minimus. Solarium ornatum. Arca carinata. Avicula gryphaeoides. Pecten quadricostatus. Inoceramus concentricus, sulcatus.*	
	Gargas-Mergel, Speetonthon und gelbe Thone. *Ammonites Nisus, Deshayesi. Crioceras Duvali. Serpula Phillipsi. Pecten crassitesta. Belemnites semicanaliculatus, Brunsvicensis. Thracia Phillipsi.*	

England.	Frankreich und Belgien.	Mont Jura.
	talium cylindricum. Lucina sculpta. Leda linguata. Pholadomya Cornueliana. Venus Roissyi. Plicatula placunea. Corbula striatula. Venus laevigata. Lucina sculpta. Arca Austeni. Avicula subdepressa. Ostrea aquila. Gervillia linguloides. Terebratula Astieriana.	**Aptien Inférieur** (Rhodanien). *Nautilus plicatus. Ammonites Campichii, Dufrénoyi, Martini, picturatus. Rostellaria Robinaldina. Cerithium Aptiense. Panopaea neocomensis, Prevosti. Pholadomya Cornueliana. Thetis laevigata. Arca Cornueliana. Janira* 5 *costata. Trigonia aliformis, ornata. Mactra Saussurei. Exogyra aquila. Rhynchonella decipiens. Terebratula sella. Toxaster oblongus. Orbitolina lenticulata.*
Lower Greensand. *Nautilus pseudo-elegans, simplex. Ammonites furcatus, Cornuelianus. Ancyloceras gigas. Crioceras Duvali, Emerici. Pleurotomaria gigantea. Cardium Hillanum. Trigonia aliformis, carinata, caudata, spinosa. Perna Mulleti. Gervillia anceps. Janira quinquecostata. Ostrea*	**Urgonien.** *Belemnites Minaret, Grasianus. Ammonites Dumasianus, ligatus, cassideus, galeatus, heliacus, honoratianus, lepidus, recticostatus. Ancyloceras Emerici, Pusozianus. Scaphites Ivani. Nerinea coquandiana. Caprotina ammonia, Lonsdalii. Radiolites neocomiensis.*	**Urgonien. Néocomien supérieur.** *Pterocera Pelagi. Pycnodus. Nerinea Cocquandiana. Varigera Rochatiana. Pholadomya Cornueliana. Pinnigena magna. Rhynchonella lata. Terebratula, plicatilis, sella. Caprotina ammonia, Lonsdalii. Radiolites neocomiensis. Pygaulus Desmoulinsi. Panopaea irregularis. Nucleolites Roberti.*

Alpen.	Norddeutschland.	Sachsen.
Rudistenkalk. *Ammonites castellanensis, lepidus, recticostatus. Ancyloceras Emerici. Pterocera pelagi. Nerinea Archimedis, Renauxiana. Pholadomya Prevosti. Janira atava. Rhynchonella lata. Terebratula diphoides. Radiolites neocomiensis. Caprotina ammonia, gryphoides, Lonsdali. Toxaster oblongus. Holaster suborbicularis. Pentacrinus cretaceus. Astraea agaricites, grandis, reticulata. Sarcinula astroides. Orbitolina lenticu-*	**Hilsthon.** *Modiola pulcherrima. Isocardia angulata. Panopaea plicata. Fistulana constricta. Belemnites minimus. Ammonites rotula, asper. Hamites gigas, Beani, obliquecostatus, fissicostatus, capricornus, decurrens. Serpula Phillipsi. Thracia Phillipsii. Pecten asper. Catopygus carinatus. Mya elongata. Exogyra sinuata.*	

England.	Frankreich und Belgien.	Mont Jura.
	Néocomien.	**Neocomien moyen.**
Couloni, macroptera. Pholadomya neocomiensis. Terebratula faba, latissima, praelonga, sella, tamarindus. Rhynchonella depressa, parvirostris. Terebratella oblonga. Toxaster complanatus. Discoidea subuculus.	*Nautilus pseudo-elegans. Ammonites Astierianus, Deshayesii, Nisus, Leopoldinus, radiatus. Belemnites latus. Crioceras Duvali. Pterocera Pelagi. Natica sublaevigata. Pleurotoma neocomiensis. Panopaea neocomiensis. Pholadomya elongata. Arca Gabrielis. Corbis corrugata. Trigonia longa, caudata. Plicatula placunea. Perna Mulleti. Gervillia anceps. Janira atava. Ostrea Couloni, Leymerii, macroptera, sublicata. Terebratula depressa, lata, praelonga, sella. Holaster Lhardyi. Toxaster complanatus.*	*Belemnites binervis. Nautilus pseudo-elegans. Ammonites radiatus, Astierianus, Leopoldinus. Solarium neocomiense. Pleurotomaria neocomiensis. Myopsis neocomiensis, lateralis, lata, curta. Anatina Agassizii, dilatata. Trigonia caudata, carinata, longa. Plicatula asperrima. Ostrea Couloni, macroptera. Rhynchonella depressa. Dysaster ovatus. Toxaster complanatus. Pygurus minor, Montmollini. Nucleolites neocomiensis. Holectypus macropygus. Diadema rotulare. Cidaris clunifera.*
		Valanginien. Néocomien inferieur.
		Pygurus rostratus. Peltastes stellulatus. Hemicidaris patella. Echinus fallax. Nucleolites Renaudi. Toxaster Campichii. Pholadomya Scheuchzeri. Natica sublaevigata. Limnacea Campichii.

Alpen.	Norddeutschland.	Sachsen.
Spatangenkalk.	**Hilsconglomerat.**	
Nautilus pseudo-elegans. Ammonites asperrimus, Astierianus, clypeiformis, cryptoceras, infundibulum, Juilleti, pulchellus, recticostatus, subfimbriatus, semistriatus. Belemnites bipartitus, dilatatus, subfusiformis. Crioceras Duvali, Villersianum. Ancyloceras dilatatum, pulcherimum. Aptychus Didayi. Myopsis neocomensis. Cyprina Ternensis. Mytilus aequalis. Pinna Robinaldiana. Ostrea Couloni, macroptera. Rhynchonella depressa, lata. Terebratula praelonga. Toxaster complanatus. Holaster Lhardyi, latopygus, alpinus. Discoidea macropyga.	*Toxaster complanatus.* *Holaster Lhardy.* *Dysaster ovulum.* *Pygaster Montmollini.* *Nucleolites Olfersi, Gresslyi.* *Pyrina pygaea.* *Holectypus macropygus.* *Diadema rotulare, Bourgueti.* *Cidaris punctata.* *Terebratula depressa, oblonga, sella.* *Ostrea Couloni, macroptera.* *Pecten crassitela.* *Janira atava. Myopsis arcuata.* *Belemnites subquadratus.* *Ammonites Astierianus.*	

Tertiärgebilde.

(*Formation tertiaire; Groupe supracrétacée;* Mollassengebirge; *Tertiary rocks.*)

§. 228. **Art der Behandlung.** Bei der grossen Menge vereinzelter Becken, deren chronologische Einordnung durch den häufigen Wechsel zwischen Süsswasser und Meeresschichten äusserst schwierig ist, erscheint es zweckmässig, die Tertiärformation in der Weise zu behandeln, dass die einzelnen Becken oder wenigstens die vorzüglicheren derselben, der Reihe nach abgehandelt werden. Von dieser Vertheilung in Becken machen nur die Nummulitengebilde insofern eine Ausnahme, als sich dieselben in dem südlichen Europa in durchaus charakteristischer Weise als zusammenhängende, dem Meere entsprungene Gebirgsmassen darstellen und in ihrem ganzen Verhalten nach Gesteinen, Schichtung und Lagerung mehr den bisher betrachteten meerischen Gebilden der Kreide und des Jura, als denjenigen der übrigen Tertiärgebilde anschliessen, zu denen sie doch ihren Versteinerungen nach unzweifelhaft gehören.

Untere Tertiärgebilde.

Das Nummulitensystem.

(*Formation nummulitique; Terrain épicrétacé; Etage Suessonien*).

§. 229. **Verbreitung. Gesteine.** Von dem Süd- und Nordabhange der Pyrenäen und den nördlichen spanischen und portugiesischen Bergketten aus hat man durch die ganze Länge der Al-

pen und Karpathen hindurch, sowie durch den Apennin, die Türkei und Griechenland bis nach Kleinasien, den Kaukasus, den Libanon und weiterhin durch ganz Centralasien, den Hymalaya und den Altai hindurch, so wie um das Mittelmeer herum nach Aegypten, Algier und Marokko hinein eine mächtige Schichtenreihe verfolgt, welche fast überall unter den nämlichen Charakteren auftritt und einen constanten Horizont bildet, der allerorts leicht zur Orientirung dient. Mit diesen in gewaltigen Gebirgsketten aufgethürmten Schichten gehen Hand in Hand die unteren Schichten der älteren Tertiärbecken, wie namentlich diejenigen von London und Paris, die wir aber ihres stratigraphischen Verhaltens wegen, hier vorläufig von der Beschreibung ausschliessen, um sie im Zusammenhange mit den übrigen Schichten dieser Becken in der Folge aufzunehmen. Die Nummulitenschichten der Gebirge, die uns hier einzig beschäftigen, und die man als ein charakteristisches Glied der höheren Gebirge der alten Welt bezeichnen kann, bestehen aus verschiedenen Gesteinen: aus Nummulitenkalk, meist zäh, feinkörnig, dicht, graublau oder schwärzlich, nur selten mergelig, oft mit Nummuliten und anderen Schalthierresten so erfüllt, dass sie an einzelnen Orten als Marmor ausgebeutet werden. In den compacten Kalksteinen herschen meist die Nummuliten, in den mergelig und schieferig werdenden, schwarzen Kalkschiefern Muscheln und Schnecken (*Cytherea; Natica; Cerithium*) vor. Durch Aufnahme von Sand und Kiesel gehen die Kalksteine über in Kieselkalke, Quarzite und wahren Nummulitensandstein, mit bald kieseligem, bald thonigem Bindemittel von grauer, gelber, brauner oder grüngesprenkelter Farbe, oft eisenschüssig und meist nur Nummuliten als Versteinerungen enthaltend. In den unteren Nummulitensandsteinen finden sich an vielen Orten, besonders in den Alpen, kohlige, in Sandsteinen oder Süsswasserkalken eingeschlossene Schichten, die an einzelnen Orten ausgebeutet werden und ein zwischen Braun- und Steinkohle stehendes Brennmaterial liefern. Diese Schichten enthalten, wie z. B. bei Pernant, öfters viele Versteinerungen, unter welchen namentlich *Cerithium plicatum*. Auf ihnen ruhen die mächtigen Lager des eigentlichen Nummulitenkalkes, der meist steile Abhänge und spitzige Gräte bildet. Da diese Schichten mit *Cerithium plicatum*, *Natica angustata*, *Cytherea Villanovae* sich durch den Inhalt ihrer Versteinerungen zunächst an den Sand von Beauchamps des Pariser Beckens anschliessen, der dem mittleren Stockwerke der unteren Tertiärgebilde angehört, und dagegen in den Meeralpen, dem Apennin und den Py-

renäen Schichten mit Versteinerungen vorkommen, die mehr dem unteren Stockwerke der unteren Tertiärgebilde zu entsprechen scheinen, so hat man neuerdings zwar ein unteres und oberes Nummulitengebilde unterscheiden wollen, aber doch wieder davon zurückkommen müssen, da die Schichtenstellung lehrte, dass die oben bezeichneten Schichten mit Cerithien und Naticen zwischen die Nummulitenkalke mit scheinbar älteren Nummuliten eingeschaltet sei.

§. 230. **Flysch.** Auf dem eigentlichen Nummulitengebilde ruht eine oft ungeheuer mächtige und zuweilen, wie z. B. in der Niesenkette ganz selbständig entwickelte Masse von Sandsteinen und Schiefern, die man den Flysch genannt hat. Vorherschendes Gestein ist ein dunkelgrauer bis schwarzer Schiefer, der zuweilen, wie bei Matt in Glarus, förmlich schwarzer Dachschiefer wird und an dem angeführten Fundorte eine Menge von Fischversteinerungen enthält. Mit dem Schiefer wechseln Bänke von fein- oder grobkörnigem, meist sehr festem, glimmerreichem, gelbem oder braunem Quarzsandstein, Sandsteinschiefer mit wurmähnlichen Ablösungen oder grünlichen Flecken, die man Taviglianasandstein genannt hat und leicht verwitternde braune oder schwarze in eckige Stücke spaltende Thonschiefer, die sogenannten Faulschiefer enthalten. Da in diesem ganzen Flysche, wenn überhaupt Versteinerungen vorkommen, diese sich auf einige Tangarten, *Chondrites intricatus*, *Targionii*, *furcatus*, beschränken, so hat man diese ganze Formation auch den Fucoidensandstein, *Grès à fucoides*, genannt.

§. 231. **In den Alpen.** In dieser oder ähnlicher Weise verfolgt man die Nummulitenschichten auf dem ganzen Nordabhange der Alpen in Gestalt eines langen schmalen Bandes, welches einerseits auf den Kreideschichten auflagert und andererseits von den Mollassegebilden durch eine tiefe Verwerfungsspalte getrennt ist. In den Schweizeralpen ist zwischen dem Genfer- und Thunersee ausser der Niesenkette besonders das Massiv der Greyerzer Berge und der Berra, zwischen Thuner- und Vierwaldstättersee der Hohgant, Glauberspitze und Pilatus, weiter nach Osten hin das Schächenthal, das Schwyzergebirge, das obere Linth- und Sernftthal, das Gebirge um Pfäfers und auf der rechten Rheinseite zwischen Chur und Meyenfeld, sowie die Fähnern und der Säntis theilweise vom Nummulitensystem gebildet. Längs der deutschen Alpen kann man diese Gebilde fast ununterbrochen von

Bregenz über Sonthofen, Füssen, Murnau, Tegernsee, Salzburg, Gmunden, Kirchdorf, Weidhofen, Burgstall bis in die Nähe von Wien verfolgen. Die Schichten selbst bilden meistens steile Mauern und sind ausserordentlich zerrissen und verworfen, indem sie an allen Biegungen und Einknickungen Theil nehmen, welche überhaupt dem Alpensystem eigenthümlich sind. Ueberall zeigen sich in ihnen die besonderen Versteinerungen, unter denen ausser Nummuliten und Orbitoliten namentlich noch manche Schneckengeschlechter eine wichtige Rolle spielen.

In den östlichen Alpen, wie namentlich bei Häring in Tyrol, Sotzka in Steiermark, Sager in Krain sind besonders die unteren kohlenführenden Schichten mit reicher Flora entwickelt.

In ähnlicher Weise wie auf der Nordseite der Alpen finden sich auch auf ihrer Südseite die Nummulitengesteine mächtig entwickelt und namentlich im Vicentinischen bedeutend ausgebildet. Den Glarner Schiefern entspricht etwa auf dieser Seite der Alpen der durch seine fossilen Fische so berühmte Monte Bolca unfern Verona, nur mit dem Unterschiede, dass hier die schieferigen Gesteine, welche ausgezeichnete Fischabdrücke enthalten, sehr feinkörnige, mergelige, weisse und gelbliche Kalksteinschiefer sind, auf deren Massen sich die dunkler gefärbten Abdrücke deutlich hervorheben. Die Lagerung dieser Schichten ist vielfach durch Trapp- und Basaltdurchbrüche gestört, ihre Structur aber dadurch nicht verändert worden. Ausser den Fischen kommen am Monte Bolca noch vielfache Pflanzenreste vor, welche hauptsächlich Palmen und Laubbäumen angehören, und die Schichten selbst sind zwischen gleichlaufenden Ablagerungen eingeschlossen, welche zahlreiche Nummuliten enthalten.

In den Pyrenäen. Auf beiden Seiten der Pyrenäen, wie §. 232.
namentlich bei Biaritz, findet man in gleicher Weise wie in den Alpen die Nummulitenschichten an den Kern des Gebirges angelagert und durch die Hebungen desselben mit betroffen. An einigen Stellen, wie bei Royan, zeigen sich die Schichten noch in vollständig horizontaler Lage, während sie beim Annähern an das Gebirge aufgerichtet und zerrissen sind. Es würde zu weit führen, wollten wir auf einzelne Eigenthümlichkeiten dieser Schichten sowie derjenigen eingehen, die weiter hin in dem südlichen Europa im Umkreise des Mittelmeeres und in aussereuropäischen Ländern aufgefunden worden sind.

§. 233. **Charakteristische Versteinerungen.** Zu den charakteristischen Versteinerungen, die zugleich eine weite Verbreitung haben, gehören die folgenden:

Nummulites Biaritzana, complanata, laevigata, perforata, scabra, nummularis. Diadema dilatatum. Orbitolites Fontisi, papyracea, radians, stellata, submedia. Stylocaenia monticularia. Echinocyamus alpinus. Operculina ammonea. Pygorhynchus Cuvieri, sentella. Echinolampas ellipsoidalis. Conoclypus conoideus. Eupatagus ornatus. Ananchytes tuberculata. Serpula spirulaea. Clavagella coronata. Pholadomya Puschii. Panopaea intermedia. Corbula rugosa. Corbis lamellosa. Cyrena cuneiformis. Venericardia acuticosta. Arca barbatula. Ostrea vesicularis. Dentalium grande. Voluta ambigua, musicalis. Beloptera belemnitoidea. Oxyrhina Desori. Lamna elegans. Die erwähnte Cerithienschicht, welche namentlich von den Diablerets in den Waadtländer Alpen zuerst gekannt war und die man als oberes Nummulitengebilde hat bezeichnen wollen, zeigt folgende besonders charakteristische Versteinerungen: *Natica angustata, crassatina, Studeri; Deshayesia cochlearia; Chemnitzia costellata, semidecussata; Cerithium plicatum, elegans, trochleare, Castellini; Cyrena convexa; Cytherea incrassata, Villanovae Cardium granulosum; Ostrea cyathula.*

Die Tertiärbecken von Paris und London.

§ 234. **Zusammensetzung der Becken.** In der Umgegend von Paris, sowie in dem südöstlichen Theile von England finden sich mächtige Tertiärgebilde angehäuft, welche offenbar mit der ältesten Periode der Tertiärzeit beginnen und die man bald mit den Nummulitenschichten zusammen als eocene Bildung bezeichnet, bald auch unter dem Namen des Pariser Terrains (*Etage Parisien*) für sich abgeschieden hat. Beide Becken, welche freilich durch den Canal von einander getrennt sind, zeigen eine grosse Menge übereinstimmender Versteinerungen, obgleich sie eine bedeutende Verschiedenheit in mineralogischer Hinsicht gewahren lassen. In dem Pariser Becken wiegen nämlich hauptsächlich Kalke und Sandsteine vor, während in dem Londoner Becken Thone und Mergel die grösste Mächtigkeit erreichen.

§. 235. **Pariser Becken. Plastischer Thon. Suessonien.** Die Karte (Fig. 338, Seite 295) zeigt das Tertiärbecken von Paris etwa in Form eines Kreises, als dessen Mittelpunkt Paris gelten

kann. Die ganze Fläche dieses Kreises ist von den Tertiärschichten angefüllt, welche im Umkreise überall auf der Kreide auflagern. Auch im Innern des Kreises zeigt sich die Kreide überall da an der Bodenfläche, wo partielle Hebungen, Thalrisse oder Flussbetten die Tertiärgebilde bis auf eine gewisse Tiefe durchbrochen haben. Die Schichtenfolge in diesem Becken ist äusserst mannigfaltig und der Gegenstand genauer Erforschungen von Seiten der französischen Geologen gewesen.

Unmittelbar über dem Eisenkalke oder, wo dieser fehlt, über der Kreide findet sich der plastische Thon (*Argile plastique; Etage Suessonien*), meist aus weissen, rothen oder grauen Thonen mit eingesprengtem Süsswasserkalk in seinen unteren Lagern zusammengesetzt. Zuweilen zeigen sich auch statt dieser Schichten Bänke von Puddingen und Rollsteinen, die auf Kosten der unterliegenden Kreide und ihrer Feuersteine gebildet sind, oder auch gelber und grauer Sand mit Braunkohlenablagerungen, bei welchen sich zuweilen alaunhaltige Eisenkiese finden. Der plastische Thon enthält neben einer Menge von Süsswasserschnecken auch die ersten fossilen Knochen von Säugethieren und Schildkröten und darf demnach unbedingt als eine Süsswasserbildung betrachtet werden. In seinen oberen Schichten indess, die meist sandiger werden und eine schwärzliche Farbe annehmen, findet man auch einige zerstreute Meeresversteinerungen, die allmälig nach oben an Menge zunehmen. Gewöhnlich finden sich an der Basis des plastischen Thones bläulich grauer glimmeriger Sand oder Süsswasserkalk, darüber unreiner Thon, worin Muschelbänke von Austern (*Ostrea bellovacina*), und dann der Sand und der sandige Thon ganz oben, welcher oft nur Meerespetrefacten und darunter besonders viele Nummuliten (*Nummulites planulata*) enthält. Mit dieser ausserdem noch an anderen Meeresmuscheln sehr reichen, besonders bei Soissons entwickelten Schicht von Muschelsandstein schliesst der plastische Thon nach oben ab.

Etage Parisien. Unterer Grobkalk. Mittlerer Sand. Sandstein von Beauchamp. Oberer Kalk und Gyps. Dem plastischen Thone folgt die Grobkalkformation (*Calcaire grossier*), die offenbar ganz dem Meere angehört und eine ungemein grosse Menge von Fossilien enthält. Die Formation beginnt mit einem grünlichen Kieselsand, der nur wenig mächtig ist und eine geringe Verbreitung besitzt. Ueber diesem Sande erst zeigt sich der eigentliche Grobkalk, der unten meist grün §. 236.

gefärbt, zerreiblich und zum Bauen unbrauchbar ist, während seine mittleren und oberen Schichten jenen vortrefflichen, festen und dennoch leicht zu bearbeitenden Quaderstein geben, aus dem ganz Paris erbaut ist. Die oberen Bänke des Grobkalkes werden meist compacter und wechseln öfter mit Mergeln ab, die zuweilen Zähne von Lophiodon, Pflanzenreste und einige Süsswassermuscheln enthalten, während sonst die überwiegende Mehrzahl der Fossilien dem Meere angehört.

Ueber dem eigentlichen Grobkalk finden sich weisse oder grünliche glimmerlose Sandsteine (*Sables moyens*), welche öfter Kalkknoten enthalten und mit dem Grobkalke eine Unzahl Versteinerungen theilen. Man nennt diese Schichten von den Steinbrüchen, wo sie sich hauptsächlich zeigen, Sandsteine von Beauchamp. Sie enthalten besonders *Nummulites variolaria* und entsprechen der Cerithienschicht des oberen Nummulitengebildes.

Diesen Sandsteinen folgt der Kieselkalk von St. Ouen (*Calcaire siliceux de St. Ouen*), offenbar eine Süsswasserbildung, zusammengesetzt aus zahlreichen Wechsellagern von dolomitischen Mergeln mit Kieselnieren und zerstreuten Kieselmassen, weissen, compacten Kalksteinen, grünlichen Sandlagern mit vielen Süsswassermuscheln, Sumpfpflanzen, Charakörnern und Säugethierknochen, namentlich von Anoplotherien und Paläotherien.

Gypshaltige Mergel, die ebenfalls dem süssen Wasser ihren Ursprung verdanken, folgen über dem Kieselkalke. Die Mergel sind gelb oder grünlich und der Gyps in Form von zwei oder drei grossen linsenartigen Scheiben darin abgelagert, die bis zu 20 Meter Mächtigkeit und 120 Kilometer Durchmesser haben. In diesen Gypsmergeln, die namentlich bei Montmartre bedeutend entwickelt sind, zeigen sich jene zahlreiche Säugethierknochen, deren Bestimmung den Ausgangspunkt einer rationellen Paläontologie bildete. Fast kein Block wird aus dem Gypse von Montmartre gebrochen, der nicht Knochen enthielte; — meist aber isolirt und zerstreut, nur selten finden sich ganze Skelette.

Die letzte Schicht der Grobkalkformation wird von grünen gyps- und strontianhaltigen Mergeln gebildet, die zuweilen ungemein grosse Massen eines blasigen Kalksteines enthalten, der zu Mühlsteinen benutzt wird und nicht mit den eigentlichen Mühlsteinen, die weit höher in der Schichtenreihe vorkommen, verwechselt werden dürfen. Diese Mühlsteine, welche sich in

den oberen Gypsmergeln finden, tragen den Namen der Mühlsteine von Brie.

Oberer Sandstein. Die obere Abtheilung der Pariser Tertiärschichten wird von zwei sehr ausgezeichneten Formationen gebildet, deren unterste unter dem Namen des Sandsteines von Fontainebleau bezeichnet wird. An der Basis dieser Sandsteine findet sich eine dünne Bank von sandigen, gelben oder grünen Thonen, welche eine grosse Menge von Austern enthalten. Auf diese folgen nun meist durchaus weisse Sandschichten, die nur wenig Glimmer enthalten und zuweilen in Feuersteinpuddinge, eisenschüssige Sandsteine oder knauerhaltige Sandschichten übergehen, in denen man verkieselte Baumstämme und Eindrücke von fossilen Pflanzen gefunden hat. Die harten, glänzenden, feinkörnigen Sandsteine, die namentlich in Paris als Pflastersteine benutzt und sämmtlich im Walde von Fontainebleau gebrochen werden, sind locale Verdichtungen dieser vorherrschenden lockeren Sandschichten, in welchen vielerlei Petrefacten die Meeresbildung deutlich erkennen lassen. §. 237.

Die Mühlsteine von Montmorency, eine reine Süsswasserbildung schliessen die Reihe der Pariser Tertiärgebilde. Die ganze Ablagerung besteht aus rothen, eisenschüssigen, sandigen Thonen und Mergeln, die viel Quarzkörner und grosse Concretionen eines blasigen, kalkhaltigen Kieselsteines enthalten, welche letztere als Mühlsteine ausgebeutet werden. Im Süden des Beckens werden diese Thone mit Kieselnieren durch compacte, röhrige Süsswasserkalke ersetzt, die oft mit weissen oder seltener grünen Mergeln wechseln, in welchen man ebenfalls Andeutungen von Kieselconcretionen findet. Fetzen dieser Bildung, welche man den Kalkstein von Beauce nennt, finden sich hier und da auf der Oberfläche des Tertiärbeckens zerstreut, ohne merklichen Zusammenhang und in sehr abwechselnder Gestalt, indem bald mehr Sand, bald Kiesel, Kalk oder Thon in ihrer Zusammensetzung vorherrscht, was hauptsächlich von localen Einflüssen bei der Bildung abhängig war.

Londoner Becken. Thanetsand. Bunter plastischer Thon. Bognorschichten. Bagshotsand. Headonschichten. Bembridgeschichten. Das Londoner Tertiärbecken, Fig. 110, S. 128 hat eine bedeutende Ausdehnung, indem es die ganze südliche Hälfte der Ostküste Englands von der Themse bis zum Wash einnimmt, und der Themse entlang sich weit in das Land §. 238.

hineinerstreckt. Auf der Südküste findet sich eine geologisch durchaus gleiche, ansehnliche Ablagerung der Insel Wight gegenüber, deren Zusammenhang mit dem Londoner Becken selbst durch die inselartige Erhebung der Wäldergebilde und der Kreide unterbrochen ist.

Die Schichtenfolge im Londoner Becken ist äusserst einfach. Der Boden der Mulde füllt eine sandige Kiesmasse, mit Conglomeraten durch thonige Schichten zusammengebacken und vereinigt, die man den Thanetsand genannt hat, und über welcher noch buntgefärbte Thone liegen, welche das wahre Aequivalent des untern plastischen Thones von Paris bilden.

Ueber diesen Schichten liegen mächtige Lager von blauem oder schwarzgrauem Thone, öfters gesprenkelt, mit grauer Erde und weissem Sande, die besonders bei Woolwich entwickelt sind und als charakteristische Versteinerung dieselbe Auster (*Ostrea bellovacina*) wie die plastischen Thone des Pariser Beckens enthält.

Dann folgt der eigentliche Londonthon, zäher, brauner oder blaugrauer Thon, häufig durch Lager von ovalen oder unregelmässigen Massen mergeligen Kalksteines verunreinigt, die Septarien genannt werden. Zuweilen häuft sich die Kalkmasse, welche die Septarien bilden, so bedeutend an, dass sie vollständige Schichten darstellt. Die Insel Sheppey an der Themsemündung und der Highgatehügel bei London sind die classischen Orte für den Londonthon. In Hampshire finden sich dunkelgraue kalkige Sandsteine und graue Sandkalke, welche dieselben Versteinerungen wie der Londonthon enthalten und welche die Bognorschichten genannt werden.

In seinen oberen Schichten geht der Londonthon allmälig in einen kieseligen Sand, mit dünnen Mergellagern gemischt, über, der Bagshotsand, dessen wenige Versteinerungen mit denjenigen der Sand- und Thonschichten von Bracklesham und Barton übereinstimmen, welche wieder, unter 193 Arten, 140 Arten des Grobkalkes enthalten. Ueber diesen liegen auf der Insel Wight Süsswasserkalke, Mergel und Schieferthone, sowie Sandsteine, die *Headon-series* und *Helens-beds*, welche den oberen Schichten des Grobkalkes und den Sandsteinen von Beauchamp zu entsprechen scheinen.

In dem südlichen Theile des Londonbeckens, auf der Insel Wight und an der Küste von Hampshire, finden sich mächtige Lager von Süsswassergebilden, die mit Meeresschichten abwechseln, meistens aus grünlichen Mergeln, Kalken und Sand-

lagern bestehen und die Bembridgeschichten genannt werden. Man hat darin Zähne von den Säugethieren aus dem Pariser Gyps, Fische, Säugethiere und viele Muscheln gefunden, die im Allgemeinen mit denen des Pariser Gypses übereinstimmen.

Endlich findet man noch auf der Insel Wight in dem Hügel von Hempstead Süsswassermergel, Sand und kohlige Thone, welche den Sandsteinen von Fontainebleau zu entsprechen scheinen.

Weitere ältere Tertiärschichten. Ausser dem Londoner §. 239.
und Pariser Becken finden sich noch an manchen Orten Schichten, welche wahrscheinlich zu gleicher Zeit entstanden sind. Dahin gehören namentlich einige Knochenlager bei Fronstetten auf der schwäbischen Alp, bei Mormonts im Waadtlande, sowie die im Norden von Mecklenburg vorkommenden eisenschüssigen Sandsteine, welche unter den Gewölben und Torflagern der grossen norddeutschen Ebene anstehen und deren umhergestreute Bruchstücke, welche bis in die Mark Brandenburg und weiter verbreitet sind, unter dem Namen der Sternberger Kuchen bekannt sind. Ausserdem findet man in der Vendée einige Flecken.

Mittlere Tertiärgebilde.

Mainzer Becken. (Fig. 114, S. 145).

Erstreckung. Blauer Thon. Meeressand. Cerithienthon. Cyrenenmergel. Cerithienkalk. Littorinellenkalk. Braunkohlen. Oberer Knochensand. Dieses Becken findet §. 240.
sich längs der Ufer des Rheins im Süden von Bingen und erfüllt nicht nur den ganzen Winkel zwischen Rhein und Nahe bis weit in die Pfalz hinein, wo es sich überall an die Vogesen anlehnt, sondern erstreckt sich auch auf dem rechten Rheinufer längs des Mains bis gegen Aschaffenburg, und dann dem Lauf der Wetter entlang in den Winkel zwischen Vogelsberg und Taunus bis in die Nähe von Giessen. Die Ufer des Rheins von Oppenheim bis Bingen, so wie Linien von dort nach Kreuznach, Grünstadt und von da nach Oppenheim umschliessen etwa den grössten, zusammenhängenden Theil des Beckens, das in seiner übrigen Erstreckung nur fleckenweise zu Tage tritt, sonst aber von den mächtigen Schuttmassen des Rhein- und Mainthales überdeckt ist. Einzelne solcher Flecken zeigen sich namentlich

bei Hochheim, Frankfurt, Offenbach, während die unterirdische Erstreckung durch die mächtigen Braunkohlenlager der Wetterau nachgewiesen wird. Als unterste Schicht kennt man in dem Becken, das überall unmittelbar auf dem bunten Sandsteine, dem Basalte, dem rheinischen Schiefergebirge und der Kohlenformation der Pfalz aufliegt, einen blauen plastischen Thon, der, seinen leitenden Muscheln *Natica sigaretina*, *Crassatella sulcata*, *Ancillaria buccinoides*, *Arca diluviana* und *Fusus polygonus* nach, eine Meeresbildung und nur an sehr wenigen Stellen im Salzathale aufgeschlossen ist, den man aber auch an anderen Stellen des Beckens durch Brunnen erreicht hat.

Ueber diesem unteren Meeresthone liegt ein mehr oder minder feinkörniger Sand, der zuweilen fester wird und mit Bänken von Geröllen, Conglomeraten und Sandsteinen abwechselt, die nur ein Zerstörungsproduct der benachbarten massigen Gesteine zu sein scheinen, da sich in ihnen eine Menge Fragmente und Körner von Porphyr, Quarz und Melaphyr finden, welche Felsarten alle den benachbarten Schichten des pfälzischen Kohlenbeckens angehören, in dessen Umkreise besonders diese Sandschichten vorkommen. Ausser Cerithien finden sich in diesem Sande hauptsächlich Haifischzähne, Austern (*Ostrea callifera*), viele Polythalamien und Reste eines wallfischartigen Thieres, der *Halianassa Studeri* und *Collini*, die auch in der Mollasse der Schweiz vorkommt.

Auf diesem Sande liegt der sogenannte Septarien- oder Cerithienthon, blauer Letten und Mergel, der zuweilen kleine Nester einer ältern Braunkohle einschliesst, die reich an Schwefelkiesen ist und an einzelnen Stellen ausgebeutet wird. Die Versteinerungen, worunter besonders *Cerithium margaritaceum*, *Cerithium plicatum*, *Buccinum Cassidaria*, *Fusus polygonus*, *Cyrena subarata*, *Pectunculus crassus*, *pulvinatus*, häufig vorkommen, zeigen offenbar auf meerischen Ursprung dieses Lettens hin, während die einzelnen Braunkohlen beweisen, dass hier und da sumpfige Wälder an den Küsten existirten, welche durch Oscillationen des Bodens wieder versenkt wurden. Als obere Abtheilung dieser Schichtengruppe hat man unter dem Namen des Cyrenenmergels eine Brackwasserbildung unterschieden, in welcher besonders *Cyrena subarata* nebst Pflanzenresten und Süsswassermuscheln vorkommt.

Nach oben gehen diese Mergel in compacte Kalksteine von gelber oder röthlicher Farbe mit leichtwelligem oder schaligem Bruche über, die zuweilen mit Kalktuffen, Oolithen und Sand-

schichten wechseln und in welchen hauptsächlich die Cerithien vorherrschen, so dass man diese Kalke mit dem Namen der Cerithienkalke belegt hat. Einlagerungen von Süsswasserkalken, die sich namentlich bei Hochheim und Ilbesheim zeigen, mit Mergellagern abwechseln und viele Arten von *Helix*, *Planorbis*, *Limneus*, *Succinea*, *Pupa* und *Paludinen* zeigen, beweisen evident, dass hier und da Einmündungen süssen Wassers in dieses Becken statthatten.

Auf den Cerithienkalken liegt die ausgedehnteste und mächtigste Kalkschicht des Mainzer Beckens; zersprungene und zerklüftete Massen von rohem conglomerirten Ansehen, die meist nur verworrene Schichtung zeigen und nach oben in kreideartige Schichten mit rothem und grünem Letten, Mergel, Thon, Faserkalk und Bohnerz übergehen. Man hat diese Kalke, die besonders bei Weissenau in der Nähe von Mainz viele Reste von Säugethieren, Fröschen, Salamandern, Schildkröten, Schlangen und Vögeln geliefert haben, der vorherrschenden Lagunenschnecken wegen Littorinellenkalke genannt.

Auf der höchsten Abtheilung dieser Kalke liegt in der Wetterau die Braunkohlenformation mit bedeutenden Lagern von Braunkohlen, die oft 40 Meter mächtig werden, zuweilen von Basalt durchbrochen und überlagert sind und eine Flora nachweisen, welche dem südlichen Theile der nordamerikanischen Freistaaten entspricht. Ueber und unter diesen Braunkohlen liegt fast immer Thon oder Letten, der bald weiss bald buntgefärbt, bald durch eingeschlossene Kohlentheile schwarz oder grau erscheint, mit Sandschichten abwechselt und viele Blätterabdrücke und Früchte enthält, zu welchen sich noch als verbreitete Versteinerung die *Cyrena Faujasii* gesellt. Es ist dieser Thon offenbar aus zersetztem Basalte hervorgegangen und an einigen Stellen, wie namentlich bei Münzenberg, durch eingesickerte Kieselerde und vielleicht auch durch spätere basaltische Durchbrüche verhärtet. Auf diesen Thon folgt bald weisser, bald aber gelber Sand mit vielen Blätterabdrücken, der sogenannte Blättersandstein, der oft durch Eisenoxydhydrat zu festen Sandsteinplatten verkittet ist, und nach oben in feinkörnige Sandsteine, Conglomerate und wüste Kieselmassen übergeht, die nur selten Versteinerungen enthalten, aber vielfach in Klüften Ablagerungen von Schwerspath, Kiesel und Brauneisenstein zeigen. Ueber diesen Sandsteinen folgt dann der Lehm und Letten mit Elephanten- und Nashornzähnen, der dem Löss des Rheinthales entspricht.

In dem Rheinthale selbst finden sich über den Littorinellen-

kalken kleine Fetzen sandiger Ablagerungen, deren Korn von oben nach unten an Feinheit abnimmt und deren unterste, unmittelbar auf dem Meereskalke liegende Schicht von einem kurzen, bläulichen Töpferthone mit Süsswassermuscheln gebildet wird. Auf diesem Thone liegen nun mächtige Gerölle, oft durch einen kalkigen Kitt zu Conglomeraten vereinigt, oft lose, mit einer grossen Anzahl von Ueberresten fossiler Säugethiere, deren vereinzelte, zerbrochene Knochen und Zähne offenbar so liegen, wie sie ein mächtiger Strom aus der Ferne her angeschwemmt und abgesetzt haben würde. Die Reste, welche in diesem oberen Knochensande gefunden werden, gehören hauptsächlich dem *Dinotherium*, *Rhinoceros*, *Mastodon* etc. an. Sie unterscheiden sich nur insofern von den unterliegenden Kalken, als in ihnen viele grössere Thiere, wenigstens in einzelnen Bruchstücken, vorkommen, mit dem Löss haben sie auch nicht eine Species gemein. Je weiter nach oben man in die Schichten dieses Knochensandes dringt, der namentlich bei Oppenheim und Eppelsheim in kleinen Mulden abgelagert ist, desto feiner wird das Korn seiner Gerölle, desto seltener aber auch die Reste grösserer Thiere, während sich dann Knochen von Nagern, Insektenfressern und kleinen Raubthieren finden.

Deutsche Braunkohlenformation.

§. 241. **Norddeutsche Braunkohle.** Ausser den eben angeführten Braunkohlen der Wetterau, die in der engsten Verbindung mit den Littorinellenkalken stehen, zeigen sich vielfache Braunkohlenablagerungen in andern deutschen Ländern, welche gleichen Alters mit den erwähnten zu sein scheinen. So finden sich einige Flecken zwischen den Vogesen und dem Schwarzwalde an dem Oberrheine, dann bedeutendere Ausbreitungen in Hessen, zwischen dem Westerwalde, dem Vogelsberge und der Rhön, die sich bis gegen den Thüringerwald hin ziehen, und von den genannten Gruppen vulkanischer Gebilde, sowie von den einzelnen Basaltkuppen Hessens, dem Meisner z. B., durchbrochen sind. Auch in den Tertiärablagerungen im Norden von Bonn bis gegen Düsseldorf hin finden sich Braunkohlen, nicht minder in Thüringen und Sachsen, und dann eine ungemein weit verbreitete nordische Braunkohlenformation, die sich durch ganz Norddeutschland, besonders Pommern, nach Preussen, Polen, Galizien und Russland erstreckt und zwei wesentlich getrennte Arme einestheils nach Schlesien, andterntheils nach Böhmen hinaus sendet.

Im ganzen Bereiche dieser Braunkohlenformation finden sich fast stets dieselben Gesteine, weisser oder hellgrauer Quarzsand, der oft Körner und Staub von Kohlen enthält und zuweilen zu Sandstein und Quarzit zusammengebacken ist. Ferner Thone und Letten, weiss, aschgrau oder schwärzlich, die oft Kohle, Alaun oder Septarien enthalten, Brandschiefer, Alaunschiefer, untergeordnete Lager von Süsswasserkalk und dann die Braunkohlenlager selbst, die bald mehr bald minder den Steinkohlen sich annähern, was gewöhnlich durch die Basaltdurchbrüche bedingt ist. Ebenso scheinen die Brandgesteine und Schlacken, die man öfters findet, aus der Umsetzung der Braunkohlengesteine durch die vom Basalt bewirkte Erhitzung und Verbrennung entstanden zu sein. Die Braunkohlenflötze sind meistens einfach, selten findet man mehrfache Flötze über einander, die durch Zwischenlagen von Letten geschieden sind. In ungestörter horizontaler Lagerung findet man sie nirgends, sogar nicht in dem Flachlande der Mark Brandenburg; sie bilden dort eine Menge von Satteln und Mulden, die von Ost-Süd-Ost nach West-Süd-West streichen, vielfach durch Verwerfungen zersetzt werden, was auf Faltungen durch Seitendruck deuten dürfte. Gewöhnlich sind die begleitenden Gesteine dieser Braunkohlenformation entschiedenen Süsswasserursprungs; doch finden sich theils unter, theils über den Braunkohlen marine Septarienthone und Sandschichten, in welchen Versteinerungen vorkommen, die dem Alter des Mainzer Beckens entsprechen. Die Hölzer, welche die Braunkohlen bilden, gehören meistens Nadelhölzern an, besonders oft Cypressen, und diese wie die übrigen Pflanzen deuten auf ein Klima, welches etwa demjenigen der Mündungen des Mississippi entsprechen würde.

Die Mollasse.

Erstreckung. Zusammensetzung. Savoyen. Genf. §. 242.
Schweiz. Nagelflue. Im Innern des Jura. Lagerung in der Schweiz. Der ganze weite Raum zwischen den Alpen einerseits und dem Jura andererseits, der die sogenannte ebene Schweiz, sowie die Thäler Tyrols, Steiermarks, Salzburgs und Kärnthens bildet und sich von Genf bis Wien erstreckt, ist mit einer gewaltigen Ablagerung sandiger Conglomeratschichten erfüllt, die man mit dem Namen der Mollasse bezeichnet. Das deutschschweizerische Mollassebecken kann man etwa in folgender Weise begrenzen. Am Fort de l'Ecluse, unterhalb Genf beginnend,

geht seine Nordgrenze längs dem Jurarande über Neuenburg, Solothurn, Aarau, Schaffhausen bis Sigmaringen, zieht dann, mit geringen Ausnahmen, dem Donaulaufe über Ulm, Donauwörth, Regensburg, Straubing nach Linz, Krems, Tuln und bis gegen Kloster Neuburg; — bis Regensburg auf den Schichten des Jura, von dort an auf den Gesteinen des bairischen und böhmischen Waldes auflagernd. Die südliche, bei weitem unregelmässigere Begrenzungslinie, längs welcher die Mollasse meist auf dem Nummulitengebilde der Alpen auflagert, lässt sich von Kornneuburg etwa durch eine Linie über Burgstall, Steyr, Salzburg, Traunstein, Tölz, Murgau, Bregenz, Rheineck, Wesen, Lucern, Thun, Bulle Vevey, Thonon und Genf darstellen, so dass das Becken im Ganzen über 200 Stunden in der Länge und 40 in der Breite messen würde. Das schweizerische Becken ist von dem deutschen vollständig durch den Bodensee und den Rheinlauf bis Schaffhausen, das deutsche vom weiter östlich gelegenen mährischen durch den Donaulauf zwischen Krems und Presburg abgeschlossen.

Durch die Umgegend von Chambery hängt die Mollasse mit ähnlichen Schichten im Südosten Frankreichs zusammen. In der Nähe von Chambery zeigt sie an ihrer Basis Conglomerate mit sandigem Bindemittel und dann blaue, rothe und bunte Mergel mit weissen Adern von Gyps, mergeligem und sandigem Süsswasserkalkstein und einigen dünnen Lagern von Braunkohlen, die an einzelnen Orten ausgebeutet werden. Die Mächtigkeit dieser unteren Süsswassermollasse mag etwa 1000 Meter betragen. Sie liegt gewöhnlich in concordanter Schichtung auf den Jurakalken und steigt bis zu bedeutender Höhe an. Ueber dieser Süsswassermollasse liegt nun die eigentliche Meeresmollasse; — ein mehr oder minder harter, grünlich grauer, feinkörniger Sandstein, dessen Schichtung oft nur durch untergeordnete Bänke von Thon, Mergel oder Muschelsandstein bemerkbar wird. Als charakteristische Meeresversteinerungen enthält diese Meeresmollasse besonders zahlreich Haifischzähne und Kammmuscheln. Ueber der Meeresmollasse liegen dann noch Schichten von Sandsteinen, Thon, Geröllen mit Süsswassermuscheln, Braunkohlen, Blätterabdrücken, Tannenzapfen, Abdrücken von Käferflügeln u. s. w., die einer ganz jungen Bildung angehören und auch an der Hebung der alten keinen Theil mehr haben, sondern in horizontalen Schichten sich ausbreiten.

In der Umgegend von Genf unterscheidet man hauptsächlich zwei Stockwerke in der Bildung der Mollasse. Das unterste, welches nur selten hervortritt, besteht aus röthlichen Schichten

eines feinen Thonsandsteines mit Thon und Mergeln abwechselnd, und bildet die Basis des Hügels von Cologny.

Ueber dieser rothen Mollasse, die meist keine Versteinerungen enthält, aber doch wohl dem süssen Wasser angehört, liegt körniger Gyps, Stinkkalk, trockene Braunkohlenschmitzen, die eine schieferige Structur zeigen und mit Mergeln und Kalkbänken abwechseln, welche viele Süsswassermuscheln enthalten. Als oberste Lage folgt ein weisslicher oder gelblicher, meist ziemlich harter Sandstein mit kalkigem Bindemittel, der als Baumaterial ausgebeutet wird und ebenfalls dem süssen Wasser angehört, da er an einigen Orten viele Blätter, besonders auch von Palmen enthält.

Von den Ufern des Genfersees an nehmen nun die Ablagerungen der Mollasse, die sich durch die ganze Schweiz, Baiern und Oberösterreich verfolgen lassen, einen ziemlich einförmigen normalen Charakter an. In der Basis findet sich die untere Süsswassermollasse, röthliche Mergel, graue Sandsteine, Letten, lose und feste Nagelflue und zerstreute Bänke von Pechkohle und Braunkohlen mit vielen Süsswassermuscheln und Abdrücken von Pflanzen, unter welchen sich besonders Palmblätter auszeichnen, die denjenigen der Zwergpalmen (*Chamaerops*) ähnlich sehen. Ueber diesen Schichten liegt nun die eigentliche Meeresmollasse, deren Mächtigkeit oft ungeheuer ist, und wo man an manchen Orten, wie z. B. in der Umgegend von Bern, Massen von mehren hundert Metern Mächtigkeit kennt, die nicht einmal schichtenartige Absonderungsflächen zeigen, sondern überall denselben harten, grünlich grauen, feinkörnigen Sandstein darbieten, der, je nachdem sein Bindemittel mehr thonig oder kalkig ist, auch der Verwitterung mehr oder minder ausgesetzt erscheint. Die oberen Lager dieses Sandsteines werden an manchen Orten, wie z. B. am Belpberge bei Bern, bei St. Gallen, äusserst versteinerungsreich und haben dann den Namen Muschelsandstein erhalten. Ueber der Meeresmollasse liegt dann wieder eine Reihe Schichten, die aus dem süssen Wasser sich absetzten und die besonders aus Letten, Nagelflue, Kohlenletten, weichen Sandsteinen und Kalken bestehen und die obere, nur an einzelnen Stellen abgelagerte Süsswassermollasse bilden.

In den oberen Lagern wird die Mollasse oft durch eine eigenthümliche Felsart ersetzt, die Nagelflue oder Gompholith. Doch wäre es irrig zu glauben, dass die Nagelflue eine bestimmte Stellung zwischen den Mollasseschichten einnähme. Sie kommt eben sowohl in der Süsswasser-, wie in der Meeresmollasse als besondere Gesteinsmodification vor. Sie wird ge-

bildet aus mächtigen, oft zu mehren tausend Fuss anwachsenden Schichten sehr variabler Conglomerate von Erbsengrösse bis zu den grössten Blöcken, die abgerundet sind und alle Charaktere ächter Rollsteine an sich tragen. Diese Nagelfluen sind meist durch ein kalkiges Bindemittel oder auch durch Mollasse zu sehr festen Puddingen zusammengebacken, oft so fest, dass sie zu Mühlsteinen benutzt werden können. Eine merkwürdige Erscheinung, die man bis jetzt nur in den Rollsteinen, welche die Nagelflue zusammensetzen, und auch hier ausschliesslich nur an den Kalksteinen kennt, die in grosser Menge vorkommen, ist folgende. Die meisten dieser Kalkgeschiebe, wenn nicht gar alle, haben Eindrücke, die oft so tief sind, dass bei kleineren Stücken die Höhlungen beider Seiten kaum durch eine dünne Zwischenwand getrennt scheinen. In eine jede solche Vertiefung passt das entsprechende Stück eines daneben liegenden Geschiebes, so dass man offenbar den Abdruck dieses Rollstückes darin erkennt. Welche die Ursache dieser Eindrücke sei, ist noch nicht ermittelt; so viel ist sicher, dass dieselben sehr häufig sind, keiner Drehung zugeschrieben werden können, da die Eindrücke genau auf den Stempel passen und nicht kreisrund sind, und endlich, dass dieselben wohl schwerlich einer verschiedenen Härte zugeschrieben werden dürfen, da fast alle Rollsteine dieser Conglomerate aus demselben Kalke bestehen, und dennoch zuweilen dasselbe Stück, welches in einigen seiner Nachbarn Eindrücke bewirkt hat, an anderen Stellen wieder Eindrücke erhalten hat. Alle bis jetzt beobachteten Erscheinungen deuten darauf hin, dass diese Eindrücke erst nach der Ablagerung der Rollsteine, welche die Nagelflue bilden, bewirkt worden sind. Auf welche Weise dies geschah, ist freilich noch nicht erforscht. Doch scheint der Umstand, dass die Eindrücke nicht in horizontalen, sondern nur in gehobenen und gesenkten Schichten sich zeigen, darauf hinzudeuten, dass der durch die Lagenveränderungen der Schichten erzeugte Druck sie bewirkte. Die Nagelfluebänke wechseln meist mit röthlichen Thonen und Mergeln ab, in welchen man dieselben Muscheln und dieselben Säugethierzähne findet, wie in der eigentlichen Mollasse, so dass über das Zusammengehören dieser Bildungen kein Zweifel sein kann. Man unterscheidet hinsichtlich der Zusammensetzung hauptsächlich: die bunte Nagelflue, welche wesentlich aus rothen Porphyren und Graniten, grünen Graniten, Serpentinen, Hornblendegesteinen und sehr wenigen Kalkgeröllen bestehen, die theils von dem Jura, theils von den Alpen zu stammen scheinen. Höchst merkwürdig ist

es, dass die rothen Granite und Porphyre, welche die Hauptmasse ausmachen, in dem Alpengebiete gar nicht mehr gefunden werden und weit mehr Aehnlichkeit mit den Gesteinen des Schwarzwaldes zeigen. Es ist wahrscheinlich, dass sie aus der Zerstörung einer gewaltigen Porphyr- und Granitmauer herrühren, die sich an dem Nordrande der Alpen hinzog. In der Nähe der Kalkalpen sowie in grösserer Nähe des Jura sind dann ferner noch Nagelfluen ausgebildet, die entweder aus alpinischen oder jurassischen Geröllen zusammengesetzt sind und die man als Kalknagelfluc bezeichnet hat.

Das Innere der Jurathäler ist bis in eine gewisse Höhe ebenfalls von Mollasse ausgefüllt, die aber meist nur in Form grünen Sandes oder Sandsteines, höchst selten nur als Conglomerat sich darstellt. Man hat au vielen Stellen in dieser Mollasse Süsswasbildungen, besonders Süsswasserkalk, bemerkt, der meist in den obersten Lagen vorkommt und deshalb für eine jüngere Bildung gehalten wurde, obgleich seine ganze Ablagerung und jeweilige Einmischung zwischen die Mollasseschichten zeigen, dass er durchaus gleichzeitig mit dieser entstanden ist. Im Allgemeinen kann man indessen dennoch in den inneren Jurathälern eine untere Meeresmollasse unterscheiden, die nach oben hin allmälig durch Brackwasserbildungen in reine Süsswasserschichten übergehen; eine sehr häufige Erscheinung sind Pholaden in der unteren Meeresschicht, welche den Jurakalkstein oft wie Bienenwaben durchlöchert haben.

Einzelne Jurathäler können wahrhaft als besondere Tertiärbecken unterschieden werden, deren Ablagerungen sich, ähnlich wie die des Pariser Beckens, durch die ganze Tertiärzeit fortsetzten. So hat man im Delsberger Thale des Bernischen Jura von unten nach oben folgende Schichten unterschieden. An dem Grunde, unmittelbar auf dem Jurakalke gelbe und rothe Thone und Mergel mit eingeschlossenen Lagern körnigen Eisenerzes, das ausgebeutet wird (*Terrain sidérolitique*), Süsswasserkalke mit Krokodilzähnen, Conglomerate von jurassischen Kalksteinen, die alle dem Gyps von Montmartre gleichgestellt werden. Darüber eine Meeresbildung, Mergel mit Austern und über diesen untere Süsswassermollasse, Mergel mit Blätterabdrücken, die den Kalken von Weissenau und der Mollasse von Lausanne entsprechen. Darüber Muschelsandstein mit Haifischzähnen, dicken Austern der Meeresmollasse und dann Rollsteine, meist den Vogesen entstammend, mit Nashorn- und Dinotheriumzähnen, den Knochensanden von Eppelsheim im Mainzer Becken entsprechend.

Endlich folgen hierauf Süsswasserkalke, die durch ihre Flora und Fauna der später zu erwähnenden Süsswassermollasse von Oeningen entsprechen, so dass also von dem Beginne des Pariser Stockwerks an ununterbrochen theils Süsswasser- theils Meeresablagerungen abwechselnd das Becken erfüllten.

Eine Linie, welche man von Lausanne aus über Plafeyen an Thun vorbei durch das Entlibuch nach Luzern, und von dort über den Egerisee nach Trogen im Canton Appenzell zöge, würde für die Schichten der Mollasse in der Schweiz eine Axe bilden, von welcher aus die Schichten nach beiden Seiten gegen Norden und Süden hin abfallen. Man sollte erwarten, dass in der Nähe der Alpen die Schichten so aufgerichtet wären, dass die Erhebung nach dem Innern der Alpenkette schaute und die Schichtenköpfe dem Centralkerne der Alpen zugewandt wären. Es findet aber gerade das Gegentheil statt. Alle die gewaltigen Mollasse- und Nagelflueerhebungen, von welchen der Rigi eines der bekanntesten Beispiele bietet, zeigen die steilen Wände ihrer zerrissenen Schichten gegen die Ebene hin, und ihre Schichten fallen so gegen die Alpen hin ein, als schössen sie unter die Kalklager, welche diese umgeben und die offenbar zur Kreide- und Juragruppe gehören. Diese exceptionellen Lagerungsverhältnisse müssten demnach der Mollasse nothwendig ein grösseres Alter als die Juraschichten anweisen; — sie erscheinen aber erklärlich durch die Annahme einer gewaltigen Spalte, welche längs der Alpen hinläuft und in welche die Mollasseschichten herabstürzten, als die Alpen sich erhoben.

§. 243. **Obere Süsswassermollasse. Oeningen. Hohe Rhone.** Die oberen Süsswasserschichten, welche auch in der Schweiz meist horizontal liegen, enthalten eine grosse Anzahl von Süsswasserversteinerungen und häufig Lager von Braunkohlen, die besonders bei Käpfnach ausgebeutet werden. Ueberreste von Säugethieren und zwar namentlich von *Lophiodon*, *Dinotherium*, Flusspferden, Nasshörnern und Elephanten, finden sich häufig in diesen oberen Schichten vor, die an einigen Orten ganz ausgezeichnet entwickelt sind. Diese oberen Schichten bilden einzelne Becken, von welchen dasjenige von Oeningen in der Nähe des Bodensees bei dem Dorfe Wangen durch seine Versteinerungen besonders bekannt ist. Die unterste, jetzt aufgeschlossene Schicht des Beckens besteht aus indigoblauem, kurzem Mergel, über welchem anderthalb Fuss röthlicher Sandstein lagert, der mit unzähligen Lymnäen erfüllt ist. Darüber kommt schieferiger

Kalkstein in zolldicken Lagern vor, der besonders Säugethiere, Schildkröten, Fische und Süsswassermuscheln enthält. Nach oben folgt jetzt weiter eine Schicht mit *Helix*, *Planorbis* und grossen, wohlerhaltenen Schildkröten in bedeutender Menge, und hierauf ein von den Arbeitern Krottenschüsseli-Schicht genanntes Lager von Süsswassermuscheln, deren Steinkerne meist nur übrig sind. Darüber eine Schicht, etwa einen Zoll dick, von leicht spaltbaren Kalkschiefern, die eine grosse Menge von Fischabdrücken enthalten. Sie wird die Aalschicht genannt. Dann mehre Schichten mit vielen vegetabilischen Resten, Blättern, Blüthen und Gräsern, ihrer Aehnlichkeit mit gedruckter Indienne wegen Kattunschichten benannt. Nach oben finden sich in diesen Schichten besonders Hölzer und über den Dendriten zwei dünne Lager mit vielen gut erhaltenen Fischen. Auf den Fischen ruhen starke Lager, bis 2½ Fuss mächtig im Ganzen, von compactem, schieferigem Kalksteine, in welchem einzig jene bekannten Skelette von Riesensalamandern sich finden, die Scheuchzer für versteinerte Menschenknochen ansprach. Darauf erdige, bröcklige Schichten mit undeutlichen Pflanzen- und Insectenabdrücken, die aber nach oben von einer nur drei Linien dicken Schicht begrenzt werden, die sehr wohl erhaltene Insectenreste enthält. Dann ein sehr schöner, fein spaltbarer Kalkschiefer mit Fischabdrücken und über diesem fünf Fuss sogenannten Mollensteines, der fest, compact, gelblich grau und ziemlich thonig ist. Auf diesem Mollensteine liegt blaulicher Mergel, über welchem unmittelbar die Dammerde sich hinzieht.

Die in den Oeninger Stinkkalken begrabene Fauna und Flora zeigt sich bei flüchtigem Ueberblick im Allgemeinen mit derjenigen, die jetzt in der Umgegend herrscht, übereinstimmend, obgleich alle Arten specifisch verschieden sind; — indess zeigen sich doch manche bemerkenswerthe Unterschiede. So fehlt unter den Fischen die Familie der Forellen und Lachse durchaus, während fast dieselbe Zahl von Grundeln, Bärschen, Hechten, Karpfen und Weissfischen in den Oeninger Kalken gefunden werden, wie jetzt in dem benachbarten Bodensee. Unter den Reptilien zeichnet sich ein riesiger Salamander aus, dessen Analogon bis jetzt nur in Japan gefunden und dessen Skelett früher für ein menschliches Skelett gehalten wurde; unter den Säugethieren hat sich namentlich ein fast vollständiges Skelett einer Hundeart gefunden, die dem Fuchse sehr nahe zu stehen scheint. — Ein ähnliches, wenn auch kleineres Lager mit vielen Pflanzenabdrücken findet sich bei Schrotzburg in der Nähe von Oeningen.

An der hohen Rhone im Canton Zürich hat man einen blaulich grauen Mergel gefunden, der die tertiären Steinkohlen dieses Hügels deckt und grösstentheils dieselben Pflanzenabdrücke enthält, welche auch in Oeningen vorkommen, obgleich der Schichtenlage zufolge man diese Kohlen mit ihren Mergeln zu der untern Süsswassermollasse zählen will.

§. 244. **Wiener Becken. Tegel. Leithakalk. Löss.** An ihrem östlichen Ende hängt die Mollasse mit dem Becken von Wien zusammen, welches auf der andern Seite nördlich und westlich sich an die böhmischen, galizischen und ungarischen Tertiärgebilde anschliesst. Man hat hier drei Hauptstockwerke unterschieden; das untere aus Geröll, Sand, Mergeln und Sandkalken bestehend, zwischen denen an einzelnen Orten zum Theil sehr mächtige Braunkohlenflötze abgelagert sind. Das zweite Hauptstockwerk wird von dem Tegel gebildet, einem petrefactenreichen, blauen, plastischen Thone, der in seinen oberen Schichten schieferig wird, in seinen unteren dagegen hauptsächlich von Thon und zwischengelagerten gelben wasserführenden Quarzsandschichten zusammengesetzt ist. Ueber dem Tegel liegt dann ein ausserordentlich petrefactenreicher mariner Quarzsand, meist von hellgrauer Farbe, der mit Sandstein, Cerithienkalk und Braunkohle an einzelnen Orten wechsellagert und nach oben zuweilen in Brackwasserschichten übergeht. Ueber diesem sandigen Stockwerke lagert eine etwa 350 Fuss mächtige Kalkformation, deren aufgerichtete Schichten zu beiden Seiten die Gehänge des Leithagebirges bilden und deshalb mit dem Namen Leithakalk bezeichnet werden. Die unteren Lager dieses Leithakalkes enthalten zuweilen Braunkohlen und sind meist Kalkconglomerate und Breccien, oder auch mollasseartige Sandsteine mit kalkigem Kitt, während die oberen Schichten einen compacten Korallenkalk mit vielen Meeresversteinerungen und einigen Säugethierknochen darstellen, welche besonders dem Dinotherium und andere Thieren der mittlern Tertiärperiode angehören. An einzelnen Stellen findet sich der Leithakalk überdeckt mit 100 bis 140 Fuss mächtigen Bänken eines harten, blasigen, lichten Kalksteines, der viele Süsswassermuscheln enthält. Meist indess ist der Leithakalk unmittelbar überdeckt mit Sand- und Kiesschichten, die untergeordnete concretionirte oder oolitische Kalksteine ent halten, und Mastodon-, Dinotherium-, Anthrakotherium-Reste u. s. w. eingeschlossen haben. Als oberste Schicht endlich findet

sich ein feiner sandiger Lehm, der Löss, mit Landschnecken und Elephantenknochen; — seine Dicke beträgt etwa 60 Fuss.

§. 245. **Karpathen. Wieliczka.** Die zu beiden Seiten des Karpathengebirges hinstreifenden Tertiärgebilde sind wegen der ungeheuren Entwickelung von Salz besonders wichtig. Das Karpathengebirge selbst besteht in seiner Grundlage zum grössten Theil aus Sandsteinen, die ihren Petrefacten zufolge theils dem Jura, theils der Kreide angehören, wenn sie gleich mineralogisch nicht genau geschieden werden können. Auf diesen liegen ungeheure Massen von Nummulitenkalk und Fucoidensandsteinen oder Flysch, die den in der Schweiz vorkommenden Gebilden vollkommen ähnlich und wie diese mannigfaltig aufgerichtet und überstürzt sind. An dem Fusse des Gebirges nun und in Buchten und Einschnitten dieser dem Eocen angehörenden älteren Tertiärgebilde liegen die wohl der Mollasse und den oberen Schichten des Wiener Beckens gleichzustellenden mittleren Tertiärgebilde an, deren Salz sich in drei parallelen Linien zeigt, von denen die nördlichste in Oberschlesien und bei Lublin, die mittlere bei Wieliczka und Bochnia, die südlichste bei Eperies und Karlsburg entwickelt ist. Das Becken von Wieliczka ist am genauesten untersucht. Die Masse dieses Beckens wird hauptsächlich von grauem Salzthone gebildet, der auch wohl in Mergel übergeht und in den untersten Abtheilungen auch Gerölle und Bruchstücke des Flysches enthält, auf welchem dieser Thon unmittelbar aufzuruhen scheint. Dieser Thon ist wohlgeschichtet, enthält viele Versteinerungen, die denjenigen des Wiener Beckens entsprechen, und wechsellagert mit Gyps, Anhydrit und Salz, das entweder in grossen cubischen Klumpen oder in langgezogenen Massen abgelagert ist und von den Bergleuten je nach seiner Reinheit in mehre verschiedene Arten getrennt wird. Auch das Salz selbst enthält Versteinerungen, worunter besonders Rhizopoden, kleine Krebschen und einige Muscheln zu erwähnen sind, und in den Thonen kommen ausser den Muscheln und Cytherinen, die dort sehr häufig sind, auch Braunkohlen, besonders von Nussbäumen gebildet, vor. Die ganze Salzformation schliesst nach oben mit rothen Mergeln und schwarzem, gypshaltigem Thone, über welchen dann loser Sand mit vielen tertiären Versteinerungen und dann Löss folgt, der die gewöhnlichen Schnecken und Zähne von Elephanten und Nashörnern enthält, also offenbar der quaternären Periode angehört.

§. 246. **Faluns. Becken der Pyrenäen.** Unter den ausserdeutschen Ländern findet man namentlich in Frankreich eine grosse Menge von Tertiärschichten, welche theils im Umkreise des Pariser Beckens, theils auch weiter südlich abgelagert sind und zu den mittleren Tertiärgebilden gehören.

Die Faluns der Touraine bilden eine Menge kleiner, hier und da zerstreuter Fetzen, welche Ueberreste eines grossen, einzigen Beckens gewesen zu sein scheinen. Die vorherrschenden Gesteinsarten sind Mergel, mergeliger Sand mit Quarzkörnern und abgenutzten, gerollten Fossilien, welche meist auf Lagern von Conglomeraten und Geröllen ruhen. An den oberen Ufern der Loire sind diese Meeresschichten durch graugelbe Mergel ersetzt, welche durch Verwitterung der benachbarten krystallinischen Gesteine des Centralplateaus der Auvergne enstanden zu sein scheinen und zahlreiche Arten von Süsswasserschnecken enthalten, die mit Säugethierknochen gemischt sind, welche durchaus mit denen der Meeresbildung identisch sind.

An dem nördlichen Fusse der Pyrenäen findet sich gegen Westen hin ein bedeutendes Tertiärbecken, das eine dreieckige Gestalt zeigt. Die eine Seite dieses Beckens wird von dem Ufer des Biskayischen Golfes bis zur Mündung der Gironde, die zweite von dem nördlichen Rande der Pyrenäen, die dritte von den Südabhängen des granitischen Centralkernes von Frankreich und seines secundären Gürtels gebildet.

Als unterste Schicht kennt man in diesem Becken den Grobkalk von Bordeaux, der zuweilen sandig ist, mit Quarzgeröllen gemischt, bald fest und bauwürdig erscheint. An anderen Orten geht dieser Kalkstein in mergeligen Kalk mit Thongallen und selbst in reine, gelbe oder röthliche Mergel über. Man findet diese Schichten nur stückweise hier und da in tiefen Thaleinschnitten, sie lassen sich aber überall durch dieselben Fossilien, welche dem Pariser Grobkalk ähnlich sind, und namentlich durch eine Unzahl Milioliten wieder erkennen.

Auf diesem Grobkalke ruhen Süsswassersandsteine (*Mollasse d'eau douce*) von sehr wechselnder Beschaffenheit, die indess meist ein kalkiges Cement zeigen und dadurch der Mollasse in petrographischer Hinsicht sehr ähnlich sind. Oft findet man Puddinge aus Rollsteinen der Pyrenäen oder der granitischen Gesteine im Norden des Beckens gebildet; an anderen Stellen gelbliche, sandige Mergel mit Eisennieren und Thongallen; dort wieder feste Sandsteine, die man zum Pflastern benutzen kann, und zuweilen eingestreute Bänke von Braunkohlen.

In den meisten dieser Schichten hat man Knochen von Paläotherien, Schildkröten und Crocodilen gefunden.

Ueber dieser Süsswassermollasse finden sich weisse, erdige, zuweilen compacte Kalksteine (*Calcaire de l'Agénais*), die nach oben bituminös und bläulich werden. Oft enthalten diese Kalke kieselige Massen, schieferige Zwischenschichten, Mergel, Thone und Bohnerze. Zahlreiche Knochen von Säugethieren der mannigfachsten Art finden sich in diesen Süsswasserkalken zerstreut; das Lager von Sansan im Cherdepartement gehört denselben an.

Die Faluns von Bordeaux, welche über diesen Süsswasserkalken liegen, bestehen aus kieseligen Thonsandsteinen, die zuweilen kalkig werden und eine ungemeine Masse von Fossilien enthalten, welche alle auf eine Meeresformation schliessen lassen. Die Fauna dieser Faluns stimmt, wie es scheint, in vielen Punkten mit derjenigen der Schweizermollasse überein, und muss vielleicht mit dieser eher der Subapenninenformation als der miocenen Periode, wie man bis jetzt gethan, parallelisirt werden.

Ueber den Faluns endlich finden sich gewaltige, unklar geschichtete Bänke von Geröllen, die einen Kalkkitt haben von gelben, kreidigen Kalksteinen, weisslichen Sandschichten mit Quarzgeröllen, abwechselnd mit gelben, eisennierenhaltigen Thonen und Sandlagern. Die unfruchtbare Ebene der Landes ist besonders von diesen losen Sandgeröllen gebildet.

Zu diesem Becken gehört das berühmte Knochenlager von Sansan im Cherdepartement, wo man 98 Arten von Säugethieren und Reptilien gefunden hat, die, wie es scheint, durch eine Ueberschwemmung oder einen Strudel dorthin gebracht wurden, und von denen die meisten dieser Localität eigenthümlich sind und fast allen Ordnungen der Säugethiere angehören. Die Schichten, welche diese Knochen enthalten, sind ein ziemlich harter Kalk, über welchem Sand und Sandsteine liegen, die ebenfalls einige, aber nur wenige Knochen enthalten. Im Uebrigen scheint diese Fauna durch die Nashörner, Dinotherien, Hirsche und Antilopen sich besonders der Säugethierfauna der Mollasse anzuschliessen.

Aehnliche Ablagerungen finden sich im Norden der Pyrenäen, in der Provence, wo namentlich ein grobkörniger, blasiger Kalk, der sogenannte Moëllonkalk, vorkommt und längs des Rhonethales hinauf, wo allmählig die eigenthümlichen Eigenschaften der Mollasse in diesen Tertiärschichten sich entwickeln. Es

würde zu weit führen, wollten wir auf diese sowie auf andere Ablagerungen in Spanien, Russland u. s. w. näher eingehen.

Jüngere Tertiärgebilde (Pliocen).

§. 247. Im Norden des Londoner Beckens befinden sich namentlich in den Grafschaften Norfolk und Suffolk Tertiärgebilde, die zum Theil noch den oberen Schichten der mittleren angehören, grösstentheils aber mit den neueren Ablagerungen, besonders Italiens, im Alter parallel sind. Man hat in diesen Ablagerungen, welche man den Crag genannt hat, drei Abtheilungen unterschieden.

Der Corallen-Crag (*Coralline-Crag*), meist aus grünlichen oder gelblichen Mergeln mit zusammenhängenden Kiesellagern bestehend, abwechselnd mit Sand und untergeordneten Kalkbänken. Eine reiche Fauna von fossilen Meeresbewohnern, namentlich Schnecken und Muscheln, findet sich in diesem Corallen-Crag nebst einigen Polypen, die aber keine Corallenbänke bilden. Die Fauna ist durchaus eigenthümlich, vielleicht einigermaassen an die der Faluns in der Touraine sich anschliessend, aber insofern sehr verschieden, als sie einen mehr nordischen Charakter bietet.

Ueber diesen Schichten finden sich rothe, eisenhaltige Mergel, oft mit ockerigen Knoten vermischt, rothe und braune Sandschichten, zuweilen ins Weisse übergehend, die eine ähnliche Fauna enthalten, aber offenbar späteren Ursprungs sind und mit dem Namen des rothen Crags (*Red-Crag*) bezeichnet werden. D'Orbigny stellt diese beiden unteren Abtheilungen des Crags zu seiner oberen Gruppe der Falunien und parallelisirt damit die Mühlsteine von Montmorency im Pariser Becken.

Eine dritte Stufe wird von unregelmässigen Lagern von Sand, Schiefern, Lehm und Blätterthon zusammengesetzt, die zuweilen auch feuersteinartige Schiefer, Kiesbänke und kleine Kalklager enthalten; viele Meerschnecken und Muscheln zeigen sich darin gemischt mit Süsswasserbewohnern, mit Säugethier-, Reptilien- und Fischknochen, und die ganze Schichtenfolge dieses neueren Norwich-Crags lässt deutlich auf eine seichte, sandige Meeresbucht schliessen, in welche eine grosse Menge süssen Wassers sich ergoss, so dass in dem Brakwasser die, solchen Becken eigenthümliche, gemischte Fauna lebte; einerseits mit Seefischen und anderen Seebewohnern, anderntheils mit Landthieren vermischt, deren Leichen durch die Flüsse in das Seebecken geschafft wurden.

Während der Südabhang der Alpen gegen die lombardische Ebene nur hier und da von Nummulitenbildungen bekleidet wird, an welche sich unmittelbar die Geröllbildungen der Ebene anlehnen, zeigt sich im Gegentheil an dem Nordabhange des Apennins eine lange Zone mittel- und neutertiärer Bildung, die sich von Turin nach Ancona in fast gerader Linie verfolgen lassen und von dort an bis zum Monte Gargano das Ufer des adriatischen Meeres bildet. In der Nähe von Turin zeigt sich der letzte Ausläufer dieser Tertiärbildung auf dem Hügel der Superga in dem Bogen, welchen der Po zwischen Turin und Alessandria macht. Als Basis der Superga erscheinen die Nummulitenkalke, namentlich bei Gassino, und auf ihnen liegen ziemlich verworfene Schichten von dünnen, blätterigen Mergeln, kalkigen Sandbänken mit Puddingen, Nagelflue ähnlichen Massen, welche ungemein reiche Lagerstätten von Fossilien bieten. Ueber diesen Schichten, die offenbar der schweizerischen Mollässt entsprechen, liegen blaue Mergel und lose Sandschichten, die zu der Subapenninenformation gehören, welche sich nun von hieraus in der angegebenen Erstreckung längs des Apennins über den Mollassen-Nagelfluen dieses Gebirges fast überall nachweisen lässt. §. 248.

Die untersten Schichten dieser Formation bestehen aus blauen oder grauen Mergeln, mit einer ungeheuren Menge von Seemuscheln, welche im Durchschnitte eine grosse Aehnlichkeit mit vielen jetzigen Muscheln bieten. Ueber diesen Mergeln liegen lose, gelbliche Sandschichten, welche dieselben Fossilien in grosser Quantität enthalten. Hier und da finden sich Süsswasserbildungen, welche, wie es scheint, den mergeligen und sandigen Meeresbildungen aufgelagert sind. Zu diesen Süsswasserbildungen gehören namentlich diejenigen im Thale des Arno bei Florenz, wo auf den blauen Thonen, die untergeordnete Torflager enthalten, glimmerhaltige, gelbe, bald mehr oder minder feine Sandschichten ruhen, die zuweilen eisenschüssig sind und viele Süsswassermuscheln und Knochen enthalten. Ueber diesen Sandschichten erst kommen mächtige Lager von geschichteten Geröllen, in welchen mehre Schichten von Säugethierknochen, namentlich Nashörnern, Elephanten, Flusspferden u. s. w. vorkommen, die oft vortrefflich erhalten sind und schon seit langer Zeit ausgebeutet werden. Diese Knochenlager zeigen durchaus dieselben verworrenen Schichtungsverhältnisse, wie die Gerölle, und sind offenbar in derselben Weise wie diese abgesetzt worden.

Ablagerungen, welche an Alter der Subapenninenformation

in Italien entsprechen dürften, hat man in Sicilien, Griechenland und Südrussland über weite Strecken verbreitet gefunden. Mergel, Sand und weiche Kalke bilden die wesentlichsten Elemente dieser Schichten. Nicht minder bekannt sind durch die Menge von Säugethierresten, welche sich in ihnen gefunden haben, die jüngeren Tertiärablagerungen Südamerikas, in den Ebenen der Pampas und in Brasilien, sowie diejenigen von Neuholland und Neuseeland; ferner die Ablagerungen der Sivalikhügel in der Vorstufe des Himalaja und eine Menge von kleineren Flecken in allen Ländern, in welchen man Knochen von Elephanten, Flusspferden u. s. w. gefunden hat.

§. 249. In fast allen Ländern der Welt findet man die Spalten der Felsen, die Höhlen, welche besonders in den Kalkgebirgen, als Folge der Erhebungen und der dadurch bedingten Risse sich finden und die später durch Auswaschungen erweitert wurden, zuweilen auch das flache Land streckenweise mit Schichten von röthlichem, eisenhaltigem Lehm, Sand, mollassenartigen unzusammenhängenden Sandsteinen erfüllt, innerhalb welcher sich nicht nur Gerölle verschiedener Grösse, sondern auch grosse Mengen von Knochen finden. Die Höhlen namentlich haben von jeher die Aufmerksamkeit auf sich gezogen, da ihre zuweilen überraschenden Formen, ihre weite Erstreckung auch den bloss Neugierigen reichlichen Stoff boten. Der Boden der meisten dieser Höhlen wird von Lagern des erwähnten rothen Thones, der meist mit Geröllen gemischt ist, bedeckt, und über dieser knochenführenden Thonschicht breitet sich fast immer eine mehr oder minder dicke Decke von Stalaktitenkalk aus, dessen Bildung stets in den Höhlen durch das von aussen eindringende Wasser unterhalten wird, welches beim Durchsickern durch die Felsen sich mit kohlensaurem Kalk sättigt und beim Verdunsten in den Höhlen denselben wieder in Gestalt von Stalaktiten absetzt. Meist dringen diese Stalaktitenmassen in alle Risse und Zwischenräume der Lager des Knochenthones und verbinden diesen häufig zu einer harten Breccie. Jedenfalls ist es nöthig, um sich von der Anwesenheit von Knochen in einer Höhle zu überzeugen, diesen Fussboden von Stalaktiten aufzubrechen und die Knochenlager unter demselben zu suchen. Seine Anwesenheit scheint eine fast wesentliche Bedingung zur Erhaltung der fossilen Knochen zu sein, indem er sie vor dem Zutritt der Luft und vor Verwitterung schützt. In den Breccien, welche die nach oben offenen Spalten der Felsen an vielen Orten erfüllen, sonst aber dieselbe Natur mit dem Fussboden der Höhlen theilen, zei-

gen sich die Knochen im Allgemeinen weit weniger gut erhalten, weil es ihnen eben an der schützenden Decke fehlt.

Es sind nur äusserst wenige Fälle bekannt, wo man in diesem Knochenmehle der Höhlen ganze Skelette gefunden hätte; fast immer liegen die Knochen in der grössten Unordnung unter einander; die einzelnen Stücke, welche zu einem Skelette gehören, finden sich selten oder nie in der Nähe zusammen; Reste der verschiedensten Thiere sind mit einander gemengt. Viele Knochen, namentlich die längeren Röhrenknochen, sind zerbrochen und die frischen Bruchflächen und Splitter beweisen, dass diese Brüche erst nach dem Tode der Thiere stattgehabt haben. Andere sind abgenutzt, gerollt und dadurch zum Theil unkenntlich gemacht.

Ueber die Art und Weise, wie diese Knochenreste in die Höhlen und Spalten der Felsen gebracht wurden, herrschen zweierlei Ansichten unter den Geologen. Die einen schliessen aus der überwiegenden Anzahl von Hyänen- und Bärenknochen, die sich in den meisten Höhlen finden, dass diese Thiere in den Höhlen gelebt und ihre Beute hineingeschleppt hätten, die meist in Wiederkäuern, Nagern und Dickhäutern bestand. Die Ansicht wurde durch das Vorfinden wohlerhaltener Excremente, namentlich von Hyänen, bestätigt; diese Coprolithen, deren Natur einen weiten Transport nicht zugelassen hätte, beweisen augenscheinlich, dass die Thiere, denen sie angehört, in den Höhlen gelebt hatten. Ferner deutliche Spuren von Zahneindrücken an den aufgefundenen Knochen zeigten vom Benagen derselben; sowie tiefe, oft geheilte Knochenwunden offenbar heftige Kämpfe unter den verschiedenen Bewohnern der Höhlen beurkundeten. Es schien demnach ziemlich glaublich, dass Hyänen und Bären, welchen die Mehrzahl der in den Höhlen gefundenen Reste angehört, in diesen Höhlen einen bequemen Zufluchtsort fanden und dort mit zugebrachten Resten ihre Jungen nährten.

Auf der andern Seite bieten indessen die Höhlen eine Menge von Verhältnissen, welche durchaus gegen ein solches Zusammenschleppen der Knochen durch die Bewohner der Höhlen sprechen. Von allen Fleischfressern, die darin vorkommen, sind es hauptsächlich nur Hyänen und Bären, welche noch jetzt theilweise in Höhlen leben. Die Katzenarten, die man findet, bewohnten gewiss ebensowenig Höhlen, als die heut lebenden Tiger und Löwen.

Aber auch die Höhlenbewohner sind weit davon entfernt, ihre Beute in ihre Zufluchtsorte zu schleppen; sie verzehren sie

auf dem Platze oder in einiger Entfernung von dem Orte des Raubes — und haben sie Junge, so schleppen sie die getödteten Thiere oder Stücke davon bis vor die Höhle und die Jungen kommen zum Frass heraus. In den Zufluchtsstätten der Bären, in den Höhlen der Hyänen in Afrika wie in denjenigen unserer Füchse findet man keine Knochenanhäufungen, sondern ein Bett von Blättern, Moos und anderm weichen Material. Die Knochen liegen im Umkreise der Höhle zerstreut, und nur wenn die Thiere wegen häufigen Jagens sehr unsicher sind oder wenn sie ganz unbehülfliche Junge haben, findet man spärliche Knochenreste in den Höhlen selbst.

Endlich leben diese Fleischfresser stets nur einzeln oder in Familien zusammen, wie die Hyänen. Dass verschiedene Arten zusammenleben könnten, ist durchaus unstatthaft. Es giebt nur einige wenige Höhlen, in denen Hyänenknochen vorwiegen, und von diesen könnte man allenfalls annehmen, dass sie die Cadaver von anderen Fleischfressern ebenfalls in die Höhle geschleppt hätten; — in den meisten anderen wiegen die Bären vor und dort ist solche Annahme unthunlich, da Bären keine Leichen angreifen. Es müssten also in solchen Höhlen Hyänen und Löwen mit den Bären zusammengewohnt haben, eine Annahme, die gerade zu absurd ist.

Die physische Conformation vieler Höhlen spricht ebenfalls gegen die Annahme einer Einschleppung der Knochen durch Höhlenbewohner. In der Gailenreuther Höhle in Franken zeigen sich mehr aufeinander folgende Kammern, die mit einander in Verbindung stehen. Die in der ersten Kammer befindlichen Thiere konnten wohl die Oeffnung der Höhle zum Ausgang benutzen; allein, wie sollten die Bären, deren Reste die Knochenhaufen in der tieferen Hinterkammer der Höhle bilden, die senkrechten Wände hinaufklettern, zu deren Ersteigung man jetzt lange Leitern braucht? Viele andere Höhlen zeigen ähnliche Verhältnisse, viele beginnen sogar mit einem senkrechten Schacht ohne andern Zugang.

Zuletzt zeigen offenbar die Gerölle, welche man mit den Knochen gemischt findet, die Lehmablagerungen, in welchen sich die Knochen finden, dass diese fossilen Reste hier theilweise durch Wasserströme eingeführt und abgesetzt wurden. Dafür spricht die Abnutzung und Rollung vieler Knochen, ihre Zerbrechung, die gerade die langen und starken Röhrenknochen meist betrifft. Dass unter diesen geschwemmten Knochen sich auch solche befanden, die schon von reissenden Thieren benagt

waren, ist nicht zu verwundern, und dass die Höhlen selbst von Raubthieren bewohnt waren, deren Excremente sich mit den eingeführten Knochen mischten, oder auch dass sie Reste kranker Thiere enthalten, die dort einen letzten Zufluchtsort bei dem herannahenden Tode suchten, hat ebenfalls nichts Auffallendes. Es ist nur die Einschleppung und Anhäufung der Knochen durch Raubthiere an den Orten, wo sie jetzt gefunden werden, welche nicht angenommen werden kann.

Die Kalkgebirge namentlich sind an Höhlen sehr reich und haben bis jetzt die grösste Ausbeute geliefert. In Deutschland ist es besonders der fränkische Jura mit seinen mannigfach zerklüfteten Dolomiten, in welchem die berühmten Knochenhöhlen von Muggendorf, Gailenreuth und andere in dem Thale der Wiesent vorkommen. Die Bärenknochen sind hier wie in den Höhlen des Harzes (Baumannshöhle, Bielshöhle) in grosser Mehrzahl, und man berechnet die Anzahl der Individuen, deren Reste man schon zu Tage gefördert hat, auf viele Hunderte. In Westphalen, dem schwäbischen Jura, in Böhmen und Kärnthen finden sich Höhlen von geringerer Bedeutung.

In Belgien ist namentlich die Provinz Lüttich reich mit Höhlen bedacht, in welchen ebenfalls die Bärenknochen die grosse Mehrzahl bilden.

In Frankreich findet sich besonders in dem ganzen Zuge des Jura längs der östlichen Grenze bei Besançon eine grosse Menge von Höhlen, in welchen die Bären vorwiegen, während im Süden in den jurassischen und tertiären Kalken der Umgegend von Montpellier die Bären zwar auch noch das Uebergewicht behalten, aber doch mehr mit Nagern, Wiederkäuern und Dickhäutern gemischt erscheinen.

In England bildet die Höhle von Kirkdale in Yorkshire insofern eine merkwürdige Ausnahme, als darin die Hyänen weit über alle anderen Reste vorwiegen. Ausser diesen genannten kommen noch in vielen jurassischen und Kohlenkalken Englands Höhlen vor.

In den Umgebungen der Alpen sowie in den nordischen §. 250.
Ländern findet sich ein eigenthümliches Gebilde von Geschiebeschichten aus Geröllen von der Grösse einer Faust zusammengesetzt, die selten die Grösse eines Kopfes erreichen und stets abgerundet sind. Gries und Sand von sehr verschiedener Dünne bilden mit diesen Geröllen horizontale Lager, die oft eine sehr bedeutende Mächtigkeit erhalten und im Allgemeinen ganz den Ablagerungen ähnlich sehen, welche wir noch heute in der Nähe und

durch die Einwirkung unserer Flüsse entstehen sehen. Diese älteren Anschwemmungen (*Alluvions anciennes*) bedecken mit Unterbrechungen fast die ganze ebene Schweiz, das westliche Frankreich, das nördliche Italien, die südlichen Hochebenen von Oesterreich und Baiern im Norden der Alpen und die grossen norddeutschen, russischen, asiatischen und amerikanischen Niederungen. Ihre Schichtung ist stets mehr oder minder deutlich, und unter allen Verhältnissen finden sie sich unmittelbar unter den erratischen Blöcken und den von den Findlingsgesteinen abhängigen Erscheinungen. Die Ueberlagerung der Findlinge über diese älteren Alluvionen ist besonders in der Schweiz auf das Genaueste constatirt. Im Norden Deutschlands ruhen die Blöcke auf mächtigen geschichteten Ablagerungen, welche aus Sand, fossilen Infusorien, Lehm bestehen und ganz derselben Periode der alten Anschwemmungen anzugehören scheinen. Diese älteren Anschwemmungen enthalten dieselben fossilen Säugethiere, wie die Knochenhöhlen und Breccien, und gehören offenbar derselben Bildungsperiode an.

§. 251. Unter den vielen Anschwemmungen ähnlicher Art, welche in allen Ländern vorkommen und theilweise sich noch bis aut die neueste Zeit fortsetzen, sind diejenigen noch besonders wichtig, welche edle Metalle enthalten und zu diesem Zwecke an vielen Orten ausgebeutet werden. Alle diese metallführenden Anschwemmungen, welche die deutschen Bergleute mit dem Namen des Seifengebirges bezeichnen, gehen aus der allmäligen Zerstörung benachbarter meist krystallinischer Gebirge hervor. Diese Zerstörung und Wegführung der Materialien hat oft schon in frühester Zeit begonnen, weshalb man denn auch an einzelnen Localitäten, wie z. B. in Cornwallis, noch über diesen Anschwemmungen Meeresablagerungen gefunden hat, so dass offenbar während und nach ihrer Ablagerung in vorhistorischer Zeit bedeutende Schwankungen des Meeresspiegels stattgefunden haben. Andererseits dauert die Bildung dieser erzführenden Schichten noch immer durch die Erosion der Gewässer fort, und beim Aufwärtsverfolgen der Thäler, in welchen sie abgelagert sind, findet man stets das Muttergestein, aus welchem das erzführende Geröll hervorgegangen ist. Am häufigsten ist das Gold, welches fast überall in den krystallinischen Gebirgskernen vorkommt und bei seiner Unzerstörbarkeit auf weite Strecken hin von den Gewässern verführt wird. Die Flüsse, welche von dem Gebiete der Alpen, von dem Böhmerwald und Erzgebirge, sowie aus dem rheinischen Schiefergebirge herabströmen, und unter ihnen na-

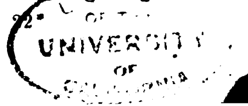
mentlich der Rhein, die Eder und die Emme, führen Gold in kleinen Blättchen und Schuppen, dessen Menge indess meistens so gering ist, dass die Ausbeutungsarbeit die Mühe nicht lohnt. In früheren Zeiten, wo der Lohn der Arbeit weit geringer war, konnten allerdings viele Lagerstätten dieser Art ausgebeutet werden, die man jetzt vernachlässigen muss. Gewöhnlich findet sich in Gemeinschaft mit dem Golde Magneteisen, Titan, zuweilen auch Platin, Zinn, Diamanten und Edelsteine; und man kann in den einzelnen bekannten Regionen Unterschiede je nach der Beimengung des einen oder anderen dieser Stoffe machen.

Die bedeutendsten Goldablagerungen dieser Art sind diejenigen am Fusse der Cordilleren und Felsengebirge in Brasilien, Chili, Mexico und Californien; die Ablagerungen des Inneren von Afrika und die erst neuerlich entdeckten von Australien; durch den Gehalt an Platin sind die am Fusse des Ural und Altai angeschwemmten Ablagerungen besonders ausgezeichnet und durch das Vorkommen von Diamanten die Anschwemmungen in Brasilien und Ostindien. Endlich werden noch auf Zinn ältere Anschwemmungen dieser Art in Sachsen, Cornwallis, auf der Malayischen Halbinsel und der Insel Banka ausgebeutet.

Wir führten vorhin an, dass man in Cornwallis namentlich §. 252.
ältere Strandlinien über den Zinnerz führenden Anschwemmungen entdeckt habe, welche auf häufige und bedeutende Aenderungen des Meeresstrandes in dieser Zeit schliessen liessen. Aehnliche Erscheinungen sind fast in allen Küstenländern häufig beobachtet worden.

So finden sich an vielen Orten in Norwegen geschichtete Sandlager mit noch in dem benachbarten Meere lebenden Seethieren (*Tellina baltica; Buccinum carinatum; Cyprina islandica; Mya truncata; Saxicava rugosa;* Balanus-Arten) bis zu 140 Meter Höhe; so zeigen sich im Alten-Fiord mehre alte Strandlinien über einander, die sich auf 3000 Meter Länge verfolgen lassen und deren genauere Verhältnisse wir später betrachten werden. Geschichtete Ablagerungen von Sand und Thon finden sich im Becken der Dwina und der Petschora, erfüllt mit noch im Eismeere lebenden Muscheln und oft 40 Meilen von demselben entfernt. Während aber in Norwegen und Russland keine Zeichen auf jetzt noch fortdauernde Aenderung des Meeresniveaus hindeuten, scheint es im Gegentheil für Schweden sichergestellt, dass dessen Küsten beständig fortschreitend aus dem Meere sich erheben.

In Schottland unterscheidet man in diesen Ablagerungen



zwei übereinander gelagerte Schichtengruppen; die untere, Till genannt, besteht aus hartem, ungeschichtetem, meist bläulichem Thon mit Hirsch- und Elephantenknochen und zerstreuten Findlingsblöcken; die obere aus feinblätterigem Thon mit Meermuscheln der Jetztwelt, bedeckt von Sand- und Grusschichten. Mehre übereinanderliegende Uferlinien (*parallel roads*), von denen die unterste 296,16 Meter über dem Meeresniveau, die mittlere 65 Meter höher und die dritte noch 25 Meter über der mittleren, also 385 Meter über dem Meere liegt, hat man in den Thälern von Glen-Roy, Loch-Aber und Glen-Gluog gefunden, und es scheint keinem Zweifel zu unterliegen, dass das Meer diese Höhe wirklich einst erreichte.

Noch zahlreicher sind solche Meeresspuren und Ablagerungen in England. Fast in allen Grafschaften finden sich Sandschichten mit noch lebenden Meeresmuscheln, bald mit Findlingsblöcken, bald unter, bald über ihnen, mit Knochen von Bären, Pferden, Elephanten, Nashörnern und Hirschen, und die Höhe dieser Ablagerungen steigt in Wales bis zu 486 Meter, in den Grafschaften des Centrums bis zu 122 Meter über dem Meere.

In ganz Brabant, Geldern bis nach Westphalen und Niedersachsen hinein wird das Becken der Haide und Moore von der Geest gebildet, einem groben Grus und Sand mit Gerölle, die theils höher vom rheinischen Schiefergebirge, theils von der Kreide stammen. Ueber dieser Geest liegen in Holland meist harter Thon ohne Versteinerungen und dann oft darüber Sandschichten mit Bänken und Muschelschalen, die aus dem Meere stammen, worüber meist aufs Neue Thon folgt, der den jüngeren Torfmooren als Unterlage dient, in und unter denen die nordischen Geschiebeblöcke sich finden.

Von Belgien aus verfolgt man durch das ganze Seinebecken nach Osten hin etwas verschiedene Ablagerungen, meist aus zwei Gruppen bestehend, an der Basis Rollsteine mit Sand, Thon und Knochen ausgestorbener Säugethiere, darüber thonig-sandiger Schlamm, gelblich oder bräunlich, zuweilen kalkig, mit Knochen von Flusspferden und Mammuthen, der ganz dem Löss des Rheinthales analog ist.

In dem südlichen Europa sind es besonders feinsandige Schichten von geringer Consistenz, theilweise durch Kalk- oder Thoncement verbunden, in denen sich eine Masse von Muscheln und anderen Seethierresten vorfinden, die ganz oder grösstentheils noch lebenden Arten angehören, oft aber ziemlich hoch über

dem Meere anstehen. Man kennt seit langer Zeit diese quaternären Versteinerungen von Sicilien und Malta ihrer schönen Erhaltung wegen, obgleich sie an anderen Punkten des Mittelmeeres nicht fehlen. Diese Schichtenbildungen stehen im engsten Zusammenhange mit älteren und Tertiärschichten, so dass in Sicilien z. B. keine scharfe Grenze gezogen werden kann, und man sieht, wie allmälig, in je tiefere Schichten man kommt, die jetzt lebenden Arten verschwinden und von ausgestorbenen, tertiären Arten, ersetzt werden.

Die sämmtlich mehr oder minder geschichteten Ablagerungen der quaternären Epoche leiten demnach ebensowohl, wie die ungeschichteten Ablagerungen, die man als erratische Erscheinungen zusammenfasst, unmittelbar in die jetzige Zeit hinüber.

Die erratischen Gesteine (Findlingsblöcke; *terrain erratique;* Driftformation), die besonders im Norden der Continente vielfach verbreitet sind, waren in den neuesten Zeiten namentlich Gegenstand vielfacher Untersuchung. § 253.

In der Schweiz findet man die Alpenthäler bis zu ihrem Hintergrunde, der gewöhnlich von Gletschern eingenommen wird, der Sohle nach mit meist eigenthümlichen Geröllen erfüllt, die auf ihrer Oberfläche gerade, scharf eingeritzte Furchen und Streifen zeigen, welche an den Geröllen der Flüsse nicht wahrgenommen werden. Ausserdem findet man ungeheure Blöcke, die stets aus dem Hintergrunde des Thales stammen, oft in höchst seltsamen, für die Erhaltung des Gleichgewichtes schwierigen Stellungen sich zeigen, bald hier und da zerstreut sind, bald Wälle bilden, welche entweder an den Thalwänden in bestimmter Höhe sich hinziehen oder in der Thalsohle in Form von Halbmonden sich zeigen, deren Convexität thalabwärts gerichtet ist. Viele Alpenseen, wie namentlich der Gardasee, sind nur durch Schliessung des Thales mittelst solcher Wälle gebildet, die um so mehr mit Vegetation bedeckt, also um so älter sind, je weiter man von dem Thalhintergrunde sich entfernt.

In Gemeinschaft mit diesen Block- und Geröllanhäufungen finden sich an den härteren Gesteinen abgeschliffene und polirte Flächen und abgerundete Formen, sogenannte Rundhöker (*roches moutonnées*), die durch feine Linien geritzt, wohlpolirt sind, und bis zu einem bestimmten Niveau ansteigen, welches mit einem geringen Falle von 1 oder $1\frac{1}{2}$ Graden gegen den Ausgang des Thales hin sich senkt.

Fig. 339.



Verbreitung der Alpenfindlinge in der Schweiz.

In der ebenen Schweiz findet man die geschliffenen Flächen nur höchst selten, die Blöcke dagegen theils zerstreut, theils auch in wohlerkenntlichen Bogen in den Fluss- und Seethälern abgelagert. Man hat Bogen dieser Art bei Bern, am Sempachersee, am Zürchersee, in den Thälern der Glatt, der Limmath und der Reuss nachgewiesen, und bei dem Studium der verschiedenen Gesteine, welche diese Block- und Geröllmassen zusammensetzen, hat man gefunden, dass dieselben bestimmten Zonen entsprechen, welche sich auf besondere Alpenthäler zurückführen lassen.

Die Blöcke, welche die ebene Schweiz erfüllen, sind besonders aus sechs Thalmündungen hervorgegangen: dem Arvethal, Rhonethal, Aarthale, Reussthale, Linththale und Rheinthale. Die Blöcke des **Arvethales** (1 auf der Karte) stammen von dem westlichen Abhange der Montblanc-Kette und von den Bergen von Sallanche. Sie erfüllen das Arvethal von Chamounix an und steigen auf dem queren Rücken des Salève bis zu einer Höhe von 1000 Metern über dem Meere. Die Blöcke aus dem **Rhonethale** (2 auf der Karte) erfüllen die ganze Gegend zwischen Genf und Solothurn, so dass demnach das Gebiet der Rhoneblöcke einen breiten Fächer darbietet, dessen Spitze in der Rhonethalmündung bei St. Maurice sich befindet, während der eine Schenkel des Fächers längs des südlichen Ufers des Genfersees, der andere etwa der Grenze des Cantons Freiburg entlang gegen Solothurn und selbst ein paar Stunden westlich von dieser Stadt bis gegen Zofingen hinführt. Die ebenen Theile der Cantone Genf, Frei-

1 Arve-Gebiet; 2 Rhone-Gebiet; 3 Aar-Gebiet; 4 Reuss-Gebiet; 5 Linth-Gebiet; 6 Rhein-Gebiet; 7 Zerstreuungs-Gebiet des Sentis und der Kuhfirsten; 8 Schwemm-Gebiet der Rhone-Blöcke zwischen Burgdorf, Wangen und Langenthal; 9 Mischungs-Gebiet der Rhone- und Reuss-Blöcke um Aarburg; 10 Schwemm-Gebiet der Reuss-Blöcke im Nord-West einer Linie von Dagmersellen nach Baden im Aargau; 11 Mischungs-Schwemm-Gebiet von Reuss- und Rhein-Blöcken. Die Stammgebiete, aus welchen die Blöcke herkommen, und die Mischungs- und Schwemm-Gebiete, wo Blöcke durch Hochwasser und Eisflösse verschleppt wurden, sind weit laxer schraffirt als die Verbreitungs-Gebiete, aber in derselben Richtung; Arve und Aar (1 und 3) horizontal; Rhone und Rhein (2, 8 und 6) vertical; Reuss (4 und 10) schief von links nach rechts; Linth (5) schief von rechts nach links; die Mischungs-Schwemm-Gebiete (9 und 11) sind gekreuzt. *Be* Besançon; *D* Doubsfluss; *Rh* Rheinfluss; *Ba* Basel; *Sch* Schaffhausen; *Con* Constanz; *BS* Boden-See; *NS* Neuenburger-See; *N* Neuchâtel; *BS* Bieler-See; *B* Bern; *A* Aarburg; *Z* Zürich; *ThS* Thuner-See; *Sa* Sarnen; *Lz* Luzern; *R* Reussfluss; *Aa* Aarfluss; *Ro* Rhonefluss; *G* Genf; *Ar* Arve; *Mbl* Montblanc; *GS* Genfer-See; *MR* Monte-Rosa; *G* St. Gotthard; *Lo* Locarno; *Ch* Chiavenna; *Co* Como, *Sp* Sempacher-See.

Die Wege der Blöcke sind durch punktirte Linien, die Blockwälle durch starke Linien angedeutet.

burg, Neuenburg und ein Stück von Bern, Solothurn und Aargau sind demnach mit den Rhoneblöcken bedeckt, welche von dem östlichen Abfalle der Kette des Montblanc und der Aiguilles rouges, aus allen Thälern des Wallis und von dem Massive der Diablerets und der umgebenden Berge stammen. Nächst den Rheinblöcken haben die Rhoneblöcke den grössten Verbreitungsbezirk, und wenn man nach ihrer mineralogischen Beschaffenheit sie verfolgt, so sieht man, dass die vom linken Rhoneufer und dessen Thälern stammenden in der ganzen Länge des Wallis parallel mit den Blöcken des rechten Ufers gehen, ohne sich zu mischen, dass aber, an der Oeffnung des Thales am obern Ende des Genfersees angelangt, die vom linken Ufer sich fächerartig ausbreiten und theils am linken Seeufer sich hinziehen, theils über den See hinaus in das Waadtland vordringen.

Die aus dem Aarthale (3 auf der Karte) hervorgegangenen Blöcke haben einen weit geringeren Verbreitungsbezirk. Sie bedecken fast nur den deutschen Theil des Cantons Bern, mit Ausnahme des von den Rhoneblöcken eingenommenen Theiles, bis etwa unterhalb der Stadt Bern und stammen aus dem Massive der Berner Alpen, zwischen St. Gotthardt einerseits und Simmenthal andererseits. Als merkwürdige Thatsache zeigt sich bei ihrer Verbreitung, dass ein Theil dieser Blöcke über den Sattel des Brünigpasses gedrungen und bis in die Gegend von Sarnen vorgerückt ist.

Die Reussblöcke (4 auf der Karte) vom St. Gotthardt, den Seitenthälern des Reussthales und den Bergen am Ostufer des Vierwaldstädtersees erfüllen das Becken des letzteren und erstrecken sich bis zu einer von Dagmersellen über Lenzburg nach Baden gezogenen Linie, während ihre südliche Grenze über Malters und Willisau, ihre nördliche über Schwyz, Zug und Dietikon nach Baden läuft.

Die Linthblöcke (5 auf der Karte) aus dem Hintergrunde des Linththales und den Gebirgen ob Einsiedeln stammend, rücken in schmaler Erstreckung von Glarus über Wesen in das Becken des Züricherseees. Ihre südliche Grenze lehnt sich an die nördliche der Reussblöcke nicht ohne Vermischung an; ihre nördliche läuft fast in gerader Linie von Wesen über Pfäffikon und Bulach nach Kaiserstuhl.

Die Rheinblöcke (6 auf der Karte) zeigen einen merkwürdigen Verlauf. Aus dem ganzen Stromgebiete des Rheins, Graubünden und Voralberg stammend, theilt sich ihre Masse an dem vorspringenden Sporne der Appenzeller Gebirge bei

Sargans in zwei Ströme. Ein Theil dringt über den Wallenstädtersee und über Uznach an das nördliche Ufer des Zürichersees vor; der andere Theil ergiesst sich von Rorschach aus über den Thurgau, und so wird das ganze Gebiet des Bodensees, der Thur und Töss von den Rheinblöcken erfüllt, die sich bis nach Schaffhausen und Zurzach verfolgen lassen und weit in Baiern und Schwaben hinein sich ergiessen. Ihre nördliche Grenze dort ist noch nicht genau ermittelt.

Auf den Grenzen zweier Gebiete kommen zuweilen in einer ziemlich breiten Zone Mengungen vor. Windgellenporphyre (aus dem Reussthale) sind zwischen Albis und Uto durch ins Linthgebiet, andere Reussfindlinge durch die Mutschelle zwischen Uto und Hasenberg ebenfalls ins Linthgebiet gelangt. Rheinfindlinge kommen noch bis über Zürich hinaus vor. Im Ganzen aber sind die einzelnen Gebiete durchaus unabhängig von einander und dieselbe Unabhängigkeit zeigt sich in der Vertheilung der Blöcke innerhalb der Gebiete. Jedes Gestein hat seinen eigenen Verbreitungsbezirk, und namentlich wiederholt sich auch hier in der ebenen Schweiz das oben von den Alpenthälern angeführte Gesetz, dass die Felsarten nicht von dem einen Ufer des Gebietes auf das andere übergehen. So wird man die Puddinge von Valorsine, die Euphotide von Saas nur auf dem linken (südlichen und westlichen) Ufer des Rhonegebietes, ihrer Lagerstätte entsprechend, nie auf dem rechten Ufer längs der inneren Grenze des Fächers finden, während die Ponteljasblöcke stets nur auf der linken Seite des Rheinthales bleiben. Es ist diese Thatsache, welche sich in allen anderen Gebieten wiederholt, sehr wesentlich für die Erklärung der Ursache, welche die Findlinge fortschaffte, indem sie beweist, dass selbst in den äusserst engen Thalschluchten, durch welche die Blöcke hervorkamen, um sich über die Ebene zu zerstreuen, keine Vermischung derselben statthatte, selbst dann nicht, wenn die Blöcke, wie die aus dem Ponteljastobel, aus dem Prättigau, aus dem Saasthale, Wege zurücklegen müssen, die in spitzwinkeligen oder rechtwinkeligen Bögen sich winden. §. 254.

In der Ebene zeigen sich die Blöcke überall als letzte Ablagerung, und die Art ihrer Ansammlung und Ablagerung beweist, dass alle Thalrisse, Vertiefungen, Seebecken u. s. w. schon bestanden haben mussten, bevor sie ausgestreut wurden. Sie liegen auf den, stets aus abgerundeten, ungeritzten Geröllen bestehenden, oft sehr mächtigen, verworren geschichteten Kieslagern der älteren Alluvion und auf den Schieferkohlen von Utz- §. 255.

nach, Wangen und Morschach an den Becken des Züricher-, Wallenstädter- und Bodensees. Diese Schieferkohlen liegen wagerecht auf den fast senkrecht stehenden Schichten der Mollasse; sie enthalten Pflanzen, wie Fichten, Birken, Wachholder und Sumpfgräser, die von den jetzigen nicht zu unterscheiden sind, und Zähne von Ochsen und vom Mammuth. Die Zerstreuung der Alpenfindlinge fand demnach nicht nur nach der Hebung der Mollassenschichten und der Bildung des jetzigen Reliefs, sondern auch nach der Ablagerung der erwähnten, unserer Epoche angehörenden Schieferkohlen statt.

An dem Jura steigen die Blöcke am Chasseron am höchsten und senken sich dann in einem Bogen nach beiden Seiten, so dass ihre Zone einerseits bei Genf, anderseits bei Solothurn das Niveau der Ebene erreicht. Dasselbe Niveau ist auch beim Eindringen in die Binnenthäler festgehalten und überall sind polirte und geritzte Flächen, Sand- und Geröllablagerungen mit den Blöcken vergesellschaftet. Die Art und Weise, wie die einzelnen mineralogisch verschiedenen Gesteine in den Blockzonen verbreitet sind, entspricht ihrem Vorkommen an dem Gebirge; so ist die höchste Zone der Rhoneblöcke am Jura von Protoginen und talkigen Graniten gebildet, welche die höchsten Spitzen der Montblanc-Kette zusammensetzen. Weiter unten treten Euphotide dazu, die in dem Saasthale zu geringerer Höhe ansteigen. Die Puddinge von Valorsine, die in der Kette eine weit geringere Höhe zeigen, steigen nur wenig über das Niveau der Ebene, und die Kalkblöcke, welche von den Vorgebirgen stammen, haben den Jura nur selten erreicht, und sind nur auf der waadtländischen Ebene näher den Alpen zu finden.

§. 256. In den Vogesen wurden durchaus dieselben Erscheinungen wahrgenommen. In vielen Thälern und namentlich in den Thälern von Giromagny und St. Amarin, sowie am See des Belchen von Guebviller, finden sich mehrfache concentrische Querwälle von Schuttanhäufungen, und der Boden der Thäler ist mit Geröllen bedeckt, welche die charakteristischen Streifen und Ritzen tragen. Rundhökerformen zeigen sich ebenfalls. Politur und Streifen daran sind an vielen Orten vortrefflich erhalten, wie namentlich am Glattstein, bei Wildenstein u. s. w. Mehre der genannten Localitäten in den Vogesen zeigen die höchste Uebereinstimmung mit den Alpenthälern. Bis gegen Wesserling hin finden sich nur geritzte Gerölle, die in den südlichen Vogesen, wo sie weggespült wurden, fehlen.

In dem Schwarzwalde finden sich ähnliche Erscheinungen, wie in den Vogesen, wenngleich in mancher Hinsicht, wie es scheint, weniger deutlich ausgeprägt. Auch dort finden sich, entweder frei am Tage liegend, oder nur mit Dammerde, zuweilen auch mit Torf bedeckt, Gerölle, deren Grösse thalaufwärts zunimmt. Diese Gerölle decken meist die Thalgründe, oft bis zu bedeutender Tiefe, da man bis zu 50 Fuss Tiefe zuweilen noch nicht festen anstehenden Fels fand. An einzelnen Stellen trifft man geglättete und geritzte Gerölle, aber nur in den höchsten Thälern solche mit erhaltenen Ecken und Kanten. Schuttwälle, wie in den Alpen, wo regellos durch einandergeworfene Blöcke aller Grössen wahre Quer- und Längsdämme bilden, finden sich nur an wenigen Stellen, wie namentlich in dem Oosthale, in der Nähe von Baden-Baden und an dem Ende einiger Seen, wie z. B. des Titi-, Schluch- und Feldbergsees. Abgerundete, geglättete und polirte Felsen finden sich nach den bisherigen Beobachtungen nur in geringer Menge im Schwarzwalde und nur bis zu geringer Erhebung über der Thalsohle — Streifen und Ritzen sollen ihnen fehlen. §. 257.

Der Löss ist eine eigenthümliche Ablagerung von feinem, gelblich grauem, weichem Thone, mit Kalk, vielem Glimmer und feinem Kieselsande gemengt, der im ganzen Rheinthale, sowie in den Zuflüssen desselben verbreitet ist und eine Menge von Schnecken und Muscheln enthält, welche Arten entsprechen, die noch jetzt in kälteren gebirgigen oder waldigen Gegenden wohnen. Oft findet man in ihm eigenthümliche Kalkconcretionen (Lösskindel) und Säugethierzähne, Elephanten- und Hirschknochen, die dem Anfange der jetzigen Zeit angehören. Der Löss ist die neueste Formation des Rheinthales, er entspricht offenbar derselben Zeit, wo in der Schweiz die Findlingsblöcke zerstreut wurden und es ist nicht unwahrscheinlich, dass die bedeutenden Lössmassen, die bis zu 600 Fuss Meereshöhe ansteigen und zuweilen 60 bis 100 Fuss Mächtigkeit haben, eine detritische Masse aus jener Zeit sind, wo die Gletscher in der Schweiz eine so gewaltige Ausdehnung erreicht hatten. Der Löss oder Lehm liegt auf den übrigen Geröllen, die das Rheinthal erfüllen und in denen man zwei Abtheilungen unterscheiden kann. Die unterste dieser Abtheilungen besteht in runden alpinischen Geröllen, ohne Glättung oder Ritzen, mit Knochen von Mammuth, Nashorn, Pferd, Ochs, Hirsch u. s. w. Sie ist an manchen Orten bis 30 Meter mächtig, erfüllt das Rheinthal, dringt in die Seitenthäler ein und ist offenbar der älteren Alluvion der Schweiz §. 258.

gleichzusetzen. Darauf folgt nun eine andere Geröllage, Grand, grober Sand, Rollsteine wie Pflastersteine — aber alle aus den Vogesen und dem Schwarzwalde stammend. Dieselben Knochen finden sich darin, aber die Geröllschicht stammt offenbar nicht aus den Alpen, sondern aus den Ufergebirgen des Rheins. Diese rheinische Geröllschicht ist dann von dem alpinischen Detritus der Gletscher, dem Löss, überlagert. In den Seitenthälern der Vogesen ruhen die Blockwälle ebenfalls auf solchen, den Vogesen entnommenen Geröllen, so dass die Epoche der Löss und der Blockwälle einander entsprechen.

§. 259 Im Norden des europäischen Continentes findet sich ebenfalls eine ungeheure Driftformation, die aber insofern von den erratischen Bildungen der Schweiz sich unterscheidet, als die meist scharfkantigen Blöcke auf geschichteten Ablagerungen von Sand, Grus, Lehm und Geröll ruhen, in denen sich an verschiedenen Orten Meeresmuscheln gefunden haben. Die Südgrenze dieser Blockablagerungen läuft in einem grossen unregelmässigen Bogen an dem Rande des norddeutschen Tieflandes her, so dass die Blöcke hier und da, wie z. B. bei Erfurt und Weimar, bis in das Hügelland eindringen Auf dem russischen Continente bildet diese Grenze einen grossen Bogen, der unbekümmert um das Niveau sich im Süden von Moskau bis gegen Wiatka und Archangel hinschlingt. In dem ganzen Umkreise dieses Gebietes stammen die erratischen Blöcke aus Scandinavien und zwar die Blöcke im nördlichen Russland aus Finnland, die in Preussen und Polen aus Finnland und Schweden, die in Holstein, Friesland und Holland aus Schweden und der Umgegend von Christiania und die an der Ostküste Englands und Schottlands nur aus dem gegenüberstehenden Norwegen. In der Mark Brandenburg finden sich die reichsten Lagerstätten schwedischer Versteinerungen aus den silurischen Schichten in diesen erratischen Blöcken. Auf dem Festlande der scandinavischen Halbinsel selbst sieht man dagegen überall ganz dieselben polirten und gestreiften Flächen, wie in den Alpen. Auf diesen ruhen aber ähnliche Meeresablagerungen, wie unter den erratischen Blöcken der nordischen Ebene, und eigenthümliche geschichtete Sandwälle, die sogenannten Oesars, deren Richtung offenbar durch Fluthanströmungen bedingt wurde.

§. 260. Auf dem nordamerikanischen Continent sind die erratischen Erscheinungen im grossartigen Maassstabe entwickelt, ähnlich denen im Norden Europas, aber dennoch in gewisser Weise verschieden. Von Norden aus erstrecken sich die geglät-

teten und geritzten Felsen, die Rundhöker, die Hohlkehlen über das Gebiet der Seen hinweg bis weit über die Ebene hin. Dann folgen diejenigen Ablagerungen, welche die Amerikaner und Engländer Drift nennen — Sand und Grand mit oft enormen eckigen Blöcken. Ueber diesem unteren regellosen Drift folgen geschichtete Ablagerungen, aus Mergeln, Thon und Sand, ohne Blöcke und Gerölle bestehend, die sich in zwei Abtheilungen bringen lassen, eine Meeresablagerung und eine Süsswasserablagerung. Die erstere, welche man auch das Lorenzsystem (*Système laurentien*) genannt hat, erstreckt sich besonders längs des Laufes des Lorenzstromes und des Ontariosees, erhebt sich nirgends bis zu 100 Meter über dem Meere und gehört offenbar einer Zeit an, wo das Meer sich bis zu den Fällen des Niagara erstreckte. Im Innern folgt hierauf eine weite Süsswasserablagerung, die man von den Quellen des Mississippi bis zur Mündung des Ohio, vom oberen See bis zu dem Niagara verfolgen kann und die an der Basis aus blauen Thonen besteht, welche nach oben in gelben Schlamm übergehen. Fast überall hat man in diesen Thonen die Gattungen *Unio*, *Cyclas*, *Physa*, *Planorbis* nebst Heidelbeersträuchern und Tannennadeln gefunden. Auf diesen Thonen finden sich an einigen Stellen Oesars, namentlich am Eriesee. Die Frage, ob sie mit dem Lorenzosysteme gleichzeitig sind, ob sie vorher oder nachher sich ablagerten, ist noch nicht entschieden. Als oberste Lage endlich folgt Sand mit Rollsteinen, neuere Alluvionen und darin Muscheln, die noch jetzt leben, Knochen von jetzigen Säugethieren und Mastodonten, so dass also die quaternäre Periode für Nordamerika sich in wenigstens drei Perioden trennt, Polirung der Felsen, Ablagerung des unteren Drift mit Findlingsblöcken, geschichtete Süsswasser- oder Meeresablagerungen, Alluvion und Sand mit Mastodontenknochen.

Die Untersuchungen der Neuzeit haben ganz zweifellos dar- §. 261.
gethan, dass die Findlingsblöcke der Schweiz durch ungeheure Gletscher, welche sich bis an den Jura erstreckten, und die ganze ebene Schweiz ausfüllten, fortgeschafft wurden, dass diese Gletscher sich allmälig zurückzogen und jetzt nur noch die Hochthäler einnehmen.

Dieselben Schlüsse, welche in der Schweiz gelten, müssen auch in anderen Gebirgen ihre Anwendung finden, wo dieselben Erscheinungen beobachtet werden, wenn auch diese Gebirgszüge jetzt keine Gletscher mehr besitzen. Die erratischen Phänomene der Pyrenäen, der Vogesen, des Schwarzwaldes, des Erzgebir-

ges, der schottischen, englischen und irischen Gebirge sind demnach ebensogewiss Gletschern zuzuschreiben, als diejenigen der Schweiz. Jedes dieser Gebirge bildete in der erratischen Zeit einen Mittelpunkt, von dessen Höhen aus sich Gletscher durch die Thäler erstrecken, ganz so wie dies jetzt noch der Fall ist in den Alpen, und die Grenzen der angeführten Erscheinungen, welche im Gefolge der Gletscher sich finden, stecken auch hier die Grenzen ab, bis zu welchen man die Erstreckung der Gletscher in den genannten Bergketten anzunehmen hat.

Im Norden des Continentes existirten gewiss Gletscher, wie dies durch die polirten Felsflächen Scandinaviens und Nordamerikas sicher erwiesen wird; dann aber folgte eine Ueberschwemmungsperiode, während welcher die Meeresablagerungen und in Nordamerika die Süsswasserschichten gebildet wurden. Während dieser Ueberschwemmungsperiode wurde theils durch das Ufereis, theils durch die Flösse von Gletschereis, die von dem Meeresufer weggeführt wurden, die Blöcke über das Meer hin fortgeflösst und innerhalb der bezeichneten Grenzen nach und nach abgelagert.

§. 262. In der neueren Zeit gepflogene Untersuchungen haben für die Schweiz und die Dauphiné zu der Ansicht geführt, dass zwei Gletscherepochen existirten, eine ältere, in welcher besonders Mergel und Thone mit gestreiften Rollsteinen abgelagert wurden, und eine neuere, welcher die Findlingsblöcke angehören. Beide Perioden seien durch die älteren Anschwemmungen, durch grosse Ansammlungen von Sand, Grand und Geröllen von einander getrennt. In der Dauphiné und im Rhonethale wurde namentlich in den neueren Ablagerungen folgende Auflagerung unterschieden.

1. Unteres Diluvium mit feingestreiften Gletscherrollsteinen, Sand, Grand und grossen Blöcken, die aus den Alpen stammen.

2. Darüber Anschwemmungen, in den unteren Lagern aus wirren Sand- und Thonschichten mit wohlgerundeten, ungestreiften Quarzkieseln, in den oberen Lagern ein feiner, gelbrother Sandlehm ohne Grand und Rollsteine. Man hat diese Flussanschwemmungen, welche den ganzen Boden der Bresse bilden, das Diluvium der Bresse genannt.

3. Hierauf wurden aufs Neue Thäler ausgeschürft und an einigen Orten Lehm abgesetzt.

4. Ganz oben Findlingsblöcke, Moränen und die gewöhnlichen Gletscherbildungen.

Aehnliche Resultate sind auch für das Rheinthal im Elsass behauptet worden.

Charakteristische Versteinerungen.

Löss und Drift.

Succinea oblonga, *elongata* (Fig. 340), *amphibia* (Fig. 343). §. 263. *Pupa marginata*, *tridens* (Fig. 341), *muscorum* (Fig. 342). *Helix arbustorum*, *pulchella*, *hispida*, *plebeium* (Fig. 344). *Astarte borealis* (Fig. 345). *Leda oblonga* (Fig. 346). *Saxicava rugosa* (Fig. 347). *Pecten islandicus* (Fig. 348). *Natica clausa* (Fig. 349). *Trophon clathratum* (Fig. 350). *Paludina marginata* (Fig. 351). *Cyclas amnica* (Fig. 352). *Elephas primigenius* (Fig. 353).

Fig. 340.

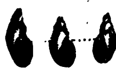


Fig. 341.



Fig. 342.

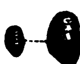


Fig. 344.







Fig. 343.



Fig. 345.





Fig. 346.



Fig. 347.



Fig. 348.



Fig. 351.





Fig. 350.



Fig. 349.



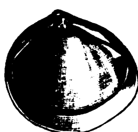
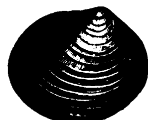


Fig. 352.







Cervus megaceros. Rhinoceros tichorhinus (Fig. 354). *Cyclostoma elegans* (Fig. 355). *Clausilia bidens* (Fig. 356).

In den Knochenhöhlen.

Ursus spelaeus (Fig. 357 und 358), *arctoideus. Hyaena spelaea* (Fig. 359 und 360), *intermedia. Hippopotamus major* (Fig. 361). *Bos priscus, primigenius. Felis spelaea, antiqua. Canis spelaeus. Cervus euryceros, Cuvieri.*

Astische Stufe. Norwich-Crag.
Obere Süsswassermollasse von Oeningen.

Nucula Cobboldiae (Fig. 362). *Tellina obliqua* (Fig. 363). *Na-*

Fig. 353.

a



b



Fig. 354.



Fig. 355.



Fig. 356.



tica helicoides (Fig. 364). *Mastodon angustidens* (Fig. 365). *Rhinoceros leptorhinus* (Fig. 366), *Goldfussi*, *incisivus*. *Helix insignis*,

Fig. 357.



Fig. 359.



Fig. 358.

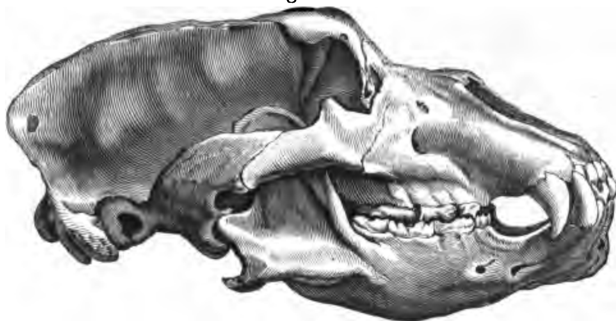


Fig. 360.



Fig. 361.



Fig. 362.

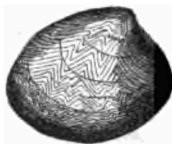




Fig. 363.

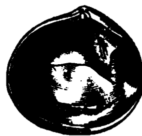


Fig. 365.



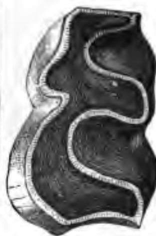
Fig. 364.



Fig. 367.



Fig. 366.



deflexa, *gyrorbis*, *rubeilens*. *Clausilia antiqua*. *Melania Escheri*. *Melanopsis praerosa*. *Testacella Zellii*. *Lagomys Meyeri*. *Microtherium Renggeri*. *Hyotherium Meisneri*, *Sömmeringi*. *Cervus lunatus*. *Palaeomeryx eminens*, *medius*, *Scheuchzeri*. *Chalicomys Jägeri*, *minutus*. *Amphicyon intermedius*. *Galecynus palustris*. *Andrias Scheuchzeri*. *Latonia Seyfridi*. *Perca lepidota*. *Tinca furcata*. *Esox lepidotus*. *Unio splendens*. *Lebias cephalotes* (Fig. 367).

Chara Escheri. *Quercus elaena*, *lignitum*. *Daphnogene polymorpha*. *Rhamnus oeningensis*.

Piacenzische Stufe. Rother Crag und Corallen-Crag.

Fusus contrarius (Fig. 368). *Murex alveolatus* (Fig. 369). *Nassa granulata* (Fig. 370). *Cypraea coccinelloides* (Fig. 371). *Astarte bipartita* (Fig. 372). *Voluta Lamberti* (Fig. 373). *Pyrula reticulata* (Fig. 374). *Temnechinus excavatus* (Fig. 375). *Lingula Dumortieri* (Fig. 376). *Buccinum prismaticum*.

Tortonische Stufe. Muschelmollasse und Eppelsheimer Sand.

Dinotherium giganteum (Fig. 377), *bavaricum*. *Helix gyrorbis*. *Neritina Grateloupana*. *Populus mutabilis*. *Podogonium Knorrii*.

Fig. 368.



Fig. 369.



Fig. 373.



Fig. 371.

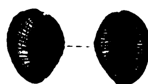


Fig. 370



Fig. 372.



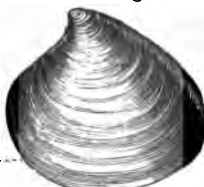




Fig. 374.



Laurus princeps. Cinnamomum polymorphum, Scheuchzeri. Felis aphanista, antediluviana, ogygia, prisca. Cervus icranoceros, nanus. Palaeomeryx minor. Dorcatherium Naui. Mastodon longirostris. Rhinoceros Goldfussi, incisivus, minutus, Schleiermacheri. Sus antediluvianus, antiquus. Anthracotherium magnum. Hippotherium gracile.

Fig. 380. Fig. 377.

Fig. 379.





Fig. 378.

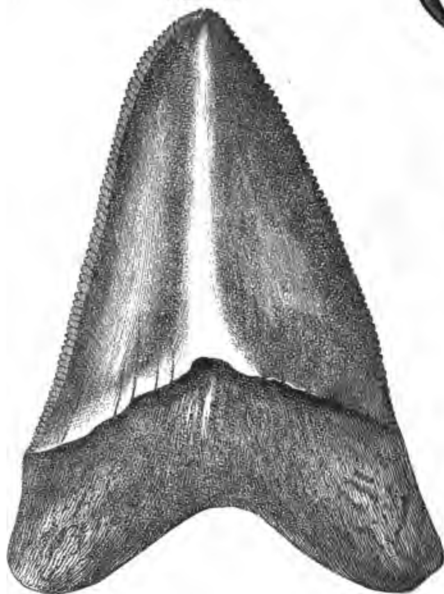


Fig. 375.



Fig. 376.



Helvetische Stufe. Meeresmollasse. Braunkohlenletten. Faluns mit *Cardita Jouanneti.*

Braunkohlenletten.

Littorinella acuta. Planorbis declivis. Juglans acuminata, laevis, rostrata, ventricosa. Acer tricuspidatum, Langsdorfi. Salix nereifolia, lancifolia. Betula Salzhausensis. Thaxites Langsdorfi.

Mastodon angustidens. Rhinoceros incisivus. Palaeomeryx Scheuchzeri. Halianassa Studeri. Zygobates Studeri. Notidanus primigenius. Carcharodon megalodon (Fig. 378), *productus* (Fig. 379). *Oxyrhina hastalis, xiphodon* (Fig. 380). *Lamna dubia, cuspidata. Turritella biplicata, triplicata. Natica helicina. Sigaretus haliotoideus. Trochus patulus. Solarium planorbillum. Turbo muricatus. Vermetus intortus. Cancellaria umbilicaris. Conus mediterraneus. Pleurotoma asperulata, pustulata. Fusus burdigalensis. Pyrula spirillus. Ficula clava, condita. Cerithium salmo, scabrum. Buccinum Ascanias, buccatum, prismaticum. Columbella curta. Cassis saburon. Calyptraea chinensis. Fissurella cancellata. Corbula striata. Lutraria elliptica. Mactra inflata. Cytherea multilamella. Artemis lincta. Cardium echinatum, edule, multicostatum. Arca diluvii. Pecten burdigalensis, palmatus. Ostrea caudata.*

Mainzische Stufe. Litorinellenkalk. Bolderberg.

Palaeomeryx medius, minor, pygmaeus, Scheuchzeri. Tapirus helveticus. Rhinoceros incisivus. Hyotherium Meisneri. Microtherium Renggeri. Cypris faba. Pupa quadrigranata. Helix moguntina, sylvestris. Planorbis declivis, pseudammonius. Lymnaeus pachygaster. Littorinella acuta, inflata. Neritina fluviatilis. Cerithium margaritaceum. Cyrena Faujasi. Tichogonia clavata.

Oliva Dufresnii (Fig. 381). *Fulgur canaliculatus* (Fig. 382).

Fig. 381.

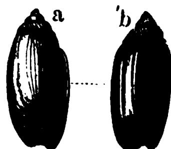
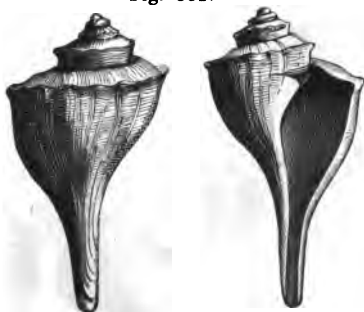


Fig. 382.



Aquitanische Stufe. Montmorency. Faluns. Cerithienkalke. Untere Süsswassermollasse.

Cerithium Lamarckii. Lymnaeus corneus, cylindricus. Planorbis cornu, Prevostinus. Helix Moroguesi. Cyclostoma elegans. Nymphaea Arethusae. Chara medicaginula (Fig. 383).

Helix deflexa. Strophostoma tricarinatum. Cyclostoma bisulcatum. Fusus brevis. Cerithium incrustatum, plicatum, submargaritaceum. Nerita rhenana. Littorina moguntina. Perna Soldani. Mytilus socialis. Leda Dehayesiana (Fig. 384). *Anthracotherium magnum. Rhinoceros incisivus, Goldfussi. Palaeotherium Schinzii. Microtherium Renggeri. Palaeomeryx medius, minor, Scheuchzeri. Emys Fleischeri, Gaudini, Gessneri. Perca lepidota. Helix Rahti, Ramondi. Planorbis marginatus, prevostinus. Lymnaeus auricularis. Melania Escheria. Clausilia vulgata. Cerithium sulpicianum. Unio flabellatus. Cyclas lacustris.*

Cassia Berenices. Caesalpinia ambigua. Rhus stygia. Juglans acuminata, elaeonoides. Rhamnus brevifolius. Acer tricuspidatum, trilobatum. Dembeyopsis crenata. Getonia grandis. Vaccinium acheronticum. Daphnogene polymorpha. Salix angusta. Quercus lignitum. Typha latissima. Pinus hampeana. Equisetum Braunii. Chara inconspicua, Meriani. Sabal raphifolia.

Tongrische Stufe. Hempstead. Fontainebleau. Cyrenenmergel von Mainz. Diablerets.

Cytherea incrassata, Bosqueti. Corbula striata, pisum (Fig. 385). *Cyrene semistriata* (Fig. 386), *subarata, convexa. Cardita Basteroti. Ostrea cyathula, callifera, longirostris. Natica flabellata, cochlearella, albasiensis, crassatina. Melania semidecussata. Turritella asperula, carinifera, planispica. Cerithium diaboli, plicatum*

Fig. 383.

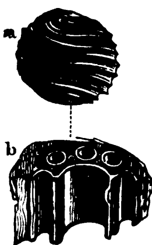


Fig. 384.

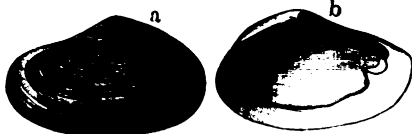


Fig. 385.

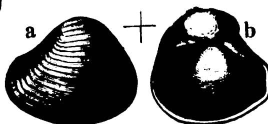
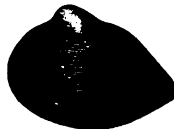


Fig. 386.



(Fig. 387), *elegans* (Fig. 388), *hexagonum* (Fig. 389), *interruptum*, *margaritaceum*, *polygonum*, *trochleare*. *Voluta suturalis*. *Rissoa Chastelii* (Fig. 390), *Paludina lenta* (Fig. 391), *Trochus rhenanus*, *cyclostoma*. *Pectunculus angulicostatus*, *terebratularis*, *crassus*.

Buccinum cassidaria. *Murex conspicuus*. *Chenopus tridactylus*. *Littorinella acuta*, *compressiuscula*. *Perna Soldani*. *Leda Deshayesiana*. *Corbulomya polita*. *Chemnitzia costellata*. *Eulima elongata*. *Fusus aratus*, *polygonatus*, *rugosus*. *Solecurtus parisiensis*. *Psammobia rudis*. *Venus elegans*. *Cardium porulosum*. *Ostrea cariosa*. *Turbinolia complanata*. *Anthraeotherium alsaticum*. *Lamna contortidens*, *cuspidata*. *Sphaerodus lens*.

Ligurische Stufe. Bembridge. Montmartre. Flysch.

Melania turritissima (Fig. 392). *Bulimus ellipticus* (Fig. 393). *Helix occlusa* (Fig. 394). *Paludina orbicularis* (Fig. 395), *pusilla*. *Lymnaeus longiscatus* (Fig. 396). *Planorbis rotundata*, *discus* (Fig. 397). *Cyclostoma mumia*. *Glauconomya convexa*. *Chara medicaginula*, *tuberculata* (Fig. 398).

Lophiodon esselense, *medium*. *Didelphys Cuvieri*. *Chaeropota-*

Fig. 387.



Fig. 388.



Fig. 389.



Fig. 390.



Fig. 391.



Fig. 392.



Fig. 393.



Fig. 394.



Fig. 395.





Fig. 396.



Fig. 397.

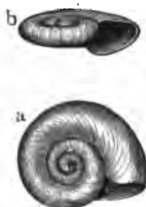


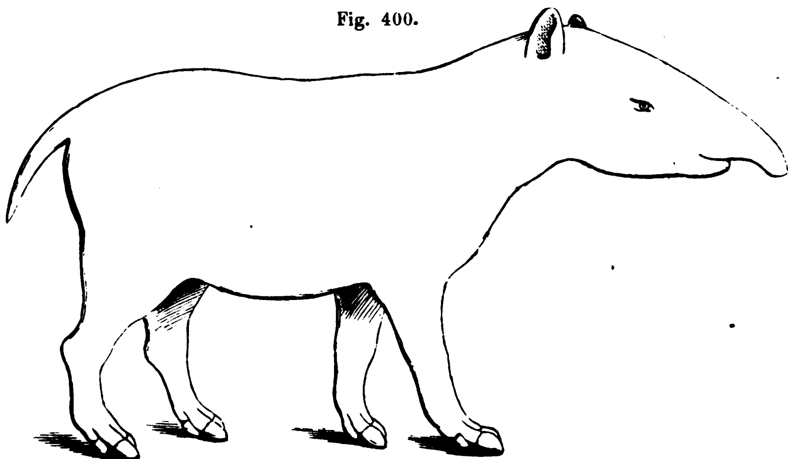
Fig. 398.



Fig. 399.



Fig. 400.



mus parisiensis. Dichobune leporinum, marinum. Xiphodon gracile. Anoplotherium commune (Fig. 399). *Palaeotherium crassum, magnum* (Fig. 400), *medium, minus. Canis parisiensis. Pterodon parisiense. Taxotherium parisiense.*

Protornis glarisiensis. Acanus minor, oblongus. Palimphyes brevis, latus. Anenchelum glarisianum. Palaeorhynchum glarisianum. Clupea Scheuchzeri. Chondrites aequalis, furcatus, intricatus, Targioni.

Daphnogene paradisiaca. Myrica banchsiaefolia, longifolia.

Bartonische Stufe. Beauchamps. Laeken. Nummulitensandstein.

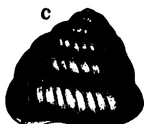
Planorbis euomphalus (Fig. 401). *Helix labyrinthica* (Fig. 402). *Neritina concava* (Fig. 403), *Fischeri. Lymnaeus caudatus* (Fig.

Fig. 401.





Fig. 402.



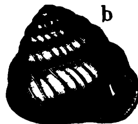


Fig. 404.

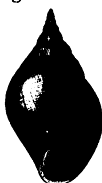


Fig. 403.



Fig. 405.



Fig. 406.



Fig. 407.



Fig. 408.

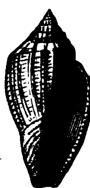


Fig. 409.



Fig. 410.



Fig. 411.



Fig. 412.



Fig. 413.



Fig. 414.



404). *Cerithium concavum* (Fig. 405). *Chama squamosa* (Fig. 406). *Mitra scabra* (Fig. 407). *Voluta ambigua* (Fig. 408), *athleta* (Fig. 409), *Typhis pungens* (Fig. 410). *Terebellum fusiforme* (Fig. 411), *convolutum* (Fig. 412), *carcassense*. *Chemnitzia costellata*. *Natica mutabilis*. *Cardita globosa* (Fig. 413). *Crassatella sulcata* (Fig. 414). *Pleurotomaria concava*. *Fusus minax*, *subcarinatus*. *Cerithium deshayesianum*, *turris*, *Castellini*, *Corderi*, *Hericarti*, *mutabile*, *pleurotomoides*, *thiarella*. *Trochus monilifer*, *patellatus*. *Ostrea flabellula*, *arenaria*, *cucullaris*. *Pectunculus depressus*. *Cytherea*

Fig. 415. Fig. 417.

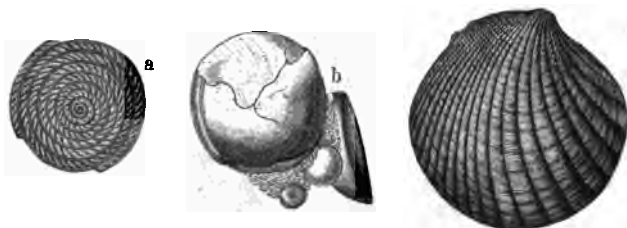


Fig. 416.

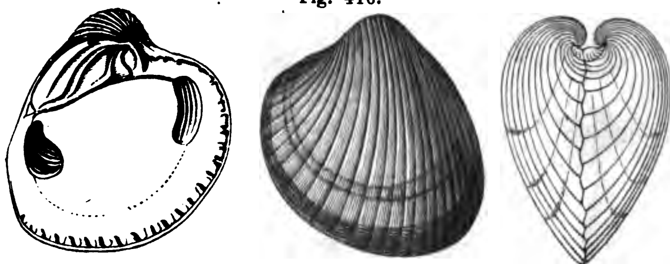


Fig. 418.



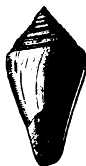
Fig. 419.



Fig. 420.



Fig. 421.



cuneata, elegans. Cyrena deperdita. Nummulites variolaria. Rostellaria macroptera. Panopoea elongata. Pecten suborbicularis, subdiscors. Serpula tortrix, spirulaea. Orbitolites radians, stellata. Nummulina Ramondi, spissa, Rütimeyeri, polygyrata. Operculina ammoena, complanata.

Parisische Stufe. Bracklesham. Gerbkalk. Kressenberg. Nummulitengrünsand.

Nummulites laevigata (Fig. 415). *Corbula gallica. Rostellaria fissurella. Ostrea flabellula, vesicularis, gigantea, virgata. Cardium porulosum. Cerithium giganteum. Buccinum stromboides. Pectunculus pulvinatus, terebratularis. Cardita planicosta* (Fig. 416), *pectuncularis* (Fig. 417). *Sigaretus canaliculatus. Carcharias tenuis. Cancer sonthofiensis. Pleurotoma attenuata* (Fig. 418), *bicatena, brevicauda, filosa, clavicularis, granulata, lineolata, undata. Voluta costaria, cythara, latrella* (Fig. 419), *harpa, muricina, spinosa. Turritella umbricataria, Dufrenoyi, multisulcata* (Fig. 420), *sulcata, terebellata. Conus deperditus* (Fig 421). *Typhis tubifer* (Fig. 422), *Cypraea elegans* (Fig. 423), *Cassis cancellata* (Fig. 424). *Pleurotomaria concava. Fusus Noae, rugosus.*

Fig. 422. Fig. 423.

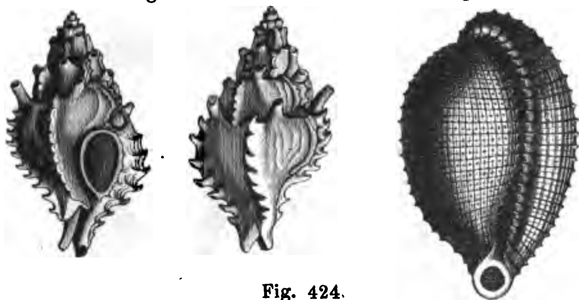


Fig. 424.

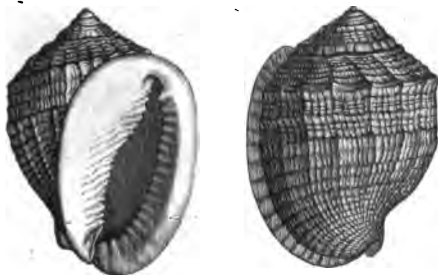



Fig. 425.

Fig. 426.

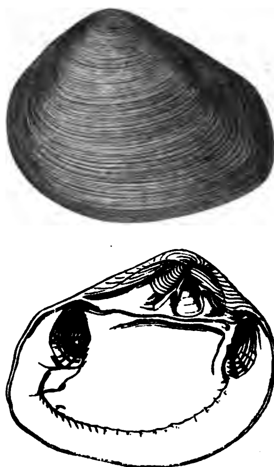


Fig. 427.



Neritina conoidea. Cerithium acutum, cristatum, giganteum (Fig. 425), *lamellosum, lapidum, nudum, papale, serratum. Melania costellata, lactea, marginata. Crassatella ponderosa* (Fig. 426), *tumida. Lucina concentrica, gigantea, mutabilis, saxorum. Venericardia imbricata. Arca angusta, biangula, scapulina. Cardium hippopaeum, porulosum* (Fig. 427).

Pygorhynchus grignonensis. Triloculina communis, oblonga, trigonula. Quinqueloculina saxorum. Miliolites trigonata. Orbitolites complanata, discus. Teredo Tournali. Pecten suborbicularis, subtripartitus. Carcharodon heterodon (Fig. 428).

Otodus obliquus (Fig. 429). *Lamna elegans* (Fig. 430), *plana. Galeocerdo latidens* (Fig. 431). *Serpula tortrix, anfracta, spirulaea. Nummulina Ramondi, spissa, spira, polygyrata.*

Londonsche Stufe. Biaritz. Campiègne. Cuise-la-Motte.

Voluta nodosa (Fig. 432). *Phorus extensus* (Fig. 433). *Ro-*

Fig. 428.



Fig. 434.



Fig. 429.



Fig. 430.

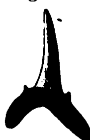


Fig. 431.

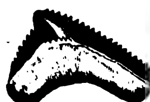


Fig. 433.



Fig. 432.



stellaria macroptera (Fig. 434). *Nautilus centralis* (Fig. 435). *Ziczac* (Fig. 436). *Leda amygdaloides* (Fig. 437), *Axinus angulatus* (Fig. 438).

Fig. 435.



Fig. 436.



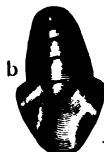


Fig. 437.



Fig. 438.



Fig. 439.







Fig. 440.



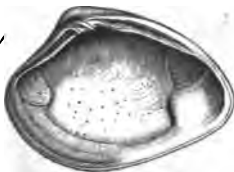


Fig. 441.



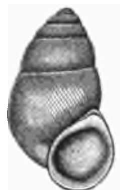
Fig. 443.



Fig. 444.



Fig. 445.



Nummulina planulata (Fig. 439). *Ostrea callifera. Spondylus bifrons. Crassatella rhomboidea, ponderosa. Natica perusta, Suessoniensis. Solarium bistriatum. Cerithium vulcanicum, baccatum. Voluta ambigua. Fusus longaevis, regularis. Cypraea Levesquei. Ancillaria canalifera. Pygurus politus. Nerita conoidea. Turritella imbricata. Melanopsis Parkinsoni. Eupatagus ornatus.*

Soissonische Stufe. Untere plastische Thone.

Cyprina Morrisi. Cerithium turbinatum, variabile, vulcanum, funatum. Neritina globulus. Cucullaea crassatina. Corbula longirostris. Cytherea orbicularis. Leda substriata. Thracia oblata. Pholadomya cuneata. Nucula Bowerbanki. Ampullaria subdepressa. Nodosaria Wheterellii. Cyrena cuneiformis (Fig. 440), *antiqua. Ostrea bellovacina. Melania inquinata* (Fig. 441). *Nerita conoidea* (Fig. 442). *Melanopsis buccinoidea. Paludina lenta. Lymnaeus pyramidalis* (Fig. 443). *Physa columnaris* (Fig. 444). *Cyclostoma Arnoudi* (Fig. 445). *Helix hemisphaerica* (Fig. 446).

Fig. 442.

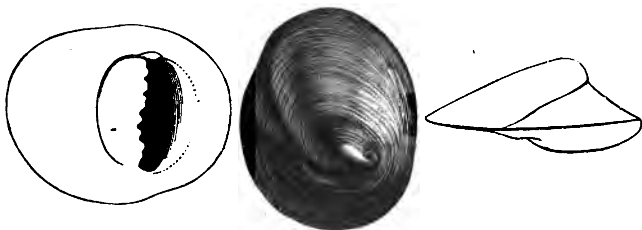
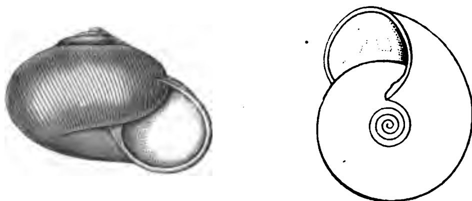


Fig. 446.



Serpula spirulaea. Palaeocyon primaevus. Anthracotherium. Lophiodon vulcanum. Viverra gigantea.

§. 264. Da die Eintheilung der tertiären und neueren Gebilde sehr verwickelt erscheint, so geben wir hier eine vergleichende Uebersicht derselben, welche wesentlich von Karl Meyer entnommen ist und der wir die älteren Eintheilungen zufügen, da es sonst kaum möglich ist, sich in der Verwirrung zu finden.

(Siehe die nebenstehende Tabelle).

en

K. Mayer 1858.		d'Orbigny 1852.	Dumont 1852.	Hoer 185 schl
	Bartonische Stufe.	Parisien.	Laekenien.	Br
Untere Tertiär-gebilde.	Parisische Stufe.		Bruxellien.	n S
			Panisélien.	
	Londonische Stufe.		Yprésien.	
	Soissonische Stufe.	Suessonien	Landenien.	



Jetzige Bildungen.

Unter denjenigen Agentien, welche entweder Zerstörungen der vorhandenen Gesteine oder Neubildungen auf der Erdoberfläche bewirken, steht das Wasser oben an. Ein grosser Theil der Erdoberfläche ist von dem Meere bedeckt, in dessen Tiefen, wie wir aus dem Vorhergehenden ersehen haben, die bedeutendsten Schichtenbildungen stattfinden. Auf dem Festlande selbst circulirt das Wasser beständig und übt unaufhörlich die mannigfaltigsten Wirkungen auf die festen Gesteine aus. Dieselben werden überall von dem Wasser durchdrungen, und theils chemisch von demselben und den darin aufgelösten Stoffen zersetzt, theils mechanisch in ihrer Aggregation gelockert und weggeführt. Die geschichteten Gesteine, welche wir bisher untersuchten, bilden gewissermaassen ein Register, in welchem die Thätigkeit des Wassers nach allen Seiten hin seit Anbeginn der Erdgeschichte verzeichnet ist und es ist leicht zu ersehen, dass auch bei der Untersuchung der jetzt waltenden geologischen Processe auf der Erdoberfläche das Wasser der wesentlichste Gegenstand sein muss. §. 265.

1. Die durch das Wasser bedingten Neubildungen.

a. Das Wasser in fester Form.

Permanente Anhäufungen von Schnee und Eis finden wir theils an den beiden Polen, theils auf den höheren Gebirgen der gemässigten und heissen Zonen. Man hat diejenige Linie §. 266.

oberhalb welcher der Schnee im Sommer nicht mehr vollständig schmilzt, die Schneegrenze genannt. Ihre Erhebung über dem Meere hängt hauptsächlich von dem Breitegrade ab, doch treten auch noch andere Ursachen hinzu, um sie an dieser oder jener Localität höher hinauf oder tiefer hinab zu rücken. In den mitteleuropäischen Alpen unter dem 46. Breitegrade schwankt die Schneegrenze zwischen einer Höhe von 2700 bis 2800 Meter. Am Aetna unter $37\frac{1}{2}$ Grad, steigt sie schon bis zu 2900 Meter; unter dem Aequator in Südamerika bis zu 4800 Meter, während sie in Island, unter dem 65. Breitegrade, bis zu 936 Meter herabsinkt. Die Richtung der herrschenden Winde, die Stellung der Berge, ihr Verhältniss zu umliegenden Bergen oder Tiefebenen und die Gestalt ihrer Abhänge bringen indess mannigfaltige Abweichungen von den eben angeführten typischen Massen hervor.

Die Schnee- und Eisbildungen der Alpen, welche auf das Genaueste untersucht wurden, lassen sich in mehre Abtheilungen zerfällen. Die höchsten Abhänge und steilen Wände sind von den Schneefeldern bedeckt, in welchen entweder ein feiner staubiger Schnee oder festes, glattes Eis sich zeigt; die Hochthäler und tief eingeschnittenen weiten Reservoirs, welche unter den schroffen Kämmen sich finden, werden von diesem Schnee ausgefüllt, der in keiner Weise sich von dem Schnee unterscheidet, welcher auch in tieferen Regionen fällt. Nach und nach wird dieser Schnee durch die oberflächliche Schmelzung theilweise umkrystallisirt, wobei er zugleich bedeutend sich zusammensetzt und fester in seiner Masse wird. Durch diese Umwandlung wird der Schnee körnig und bildet dann jene Massen, die man in den Hochalpen mit dem Namen des Firn (Névé) bezeichnet. Bei fortdauernder abwechselnder Schmelzung und Gefrierung backt der Firn allmälig zu einem körnigen, blasigen Eise von milchiger Trübung zusammen, welches nach und nach durch stete Infiltration von Wasser, das aufs Neue gefriert, in compactes Gletschereis übergeht. Die Schneefelder der Hochregionen, der Firn und das Firneis, bilden zusammen die über der Schneegrenze befindlichen Reservoirs, welche den amphitheatralischen Hintergrund der Alpenthäler ausfüllen, und aus welchen die eigentlichen Gletscher ernährt werden. Diese verhalten sich etwa zu den Schnee- und Firnfeldern, wie ein Fluss zu dem See, der ihn ernährt; die Gletscher steigen durch die Alpenthäler hinab und wie natürlich, steht ihre Länge und Grösse in geradem Verhältniss zu der Grösse und Ausdehnung der Firn-

felder, von welchen aus sie ernährt werden. Die Entstehung der grossen Gletscher oder der Gletscher erster Ordnung, wie man sie genannt hat, hängt demnach überhaupt von zwei Bedingungen ab, von der Existenz einer kesselförmigen Erweiterung im Hintergrund des Thales, die nur eine schwache Bodenneigung haben darf, so dass die Schneemassen sich darin in grosser Menge anhäufen können, wie dies z. B. in den weiten Thalkesseln des Aetschgletschers, des Rhonegletschers, des Gornergletschers am Fusse des Monte Rosa der Fall ist, sowie von der zweiten Bedingung, dass diese erweiterten Kessel in einer gewissen Höhe über der Schneelinie liegen, so dass die dort angesammelten Massen nicht alljährlich wegschmelzen können.

Da das Gletschereis aus einzelnen Firnkörnern zusammengebacken ist, so besteht es auch bis an das Ende des Gletschers aus einzelnen Fragmenten, die durch ein Netz von Haarspalten durchzogen werden, in welchen beständig Wasser circulirt. Je näher das Eis dem Firneise steht, desto mehr, meist plattgedrückte Luftbläschen enthält es auch, die nach und nach durch Druck und Auflösung verschwinden.

Die Firnmassen, welche in den kesselförmigen Hochthälern sich ansammeln, schmelzen theilweise während des Sommers, wo die Temperatur sich häufig über den Gefrierpunkt erhebt; während dieser Zeit wird die Oberfläche des Firns unrein und besonders durch Windwehen die Massen von Sand und Staub in den Thälern zusammengeführt; so bilden sich dann förmliche Schichten, von denen jede den Schneefall eines Jahres repräsentirt, und die durch dunkle Linien von Sand und feinem Staub von einander getrennt sind. Man sieht auf den Firnfeldern die Umrisse dieser Schichten, wie sie nach und nach thalabwärts zu Tage gehen. In Folge der Bewegung der Gletschermasse erhalten diese Schichtcontouren, welche durch die ganze Länge des Gletschers hin sich fortsetzen, verschiedene Gestalten, da der Gletscher in seiner ganzen Masse nicht gleichmässig vorrückt, und meist stellen sie Spitzbogen dar, deren Convexität thalabwärts gerichtet ist.

Die Gletscher bewegen sich in ihrer ganzen Masse unaufhaltsam und beständig nach den Thälern hinab; ihrer Ausdehnung nach unten wird eine Grenze gesetzt durch die wärmere Temperatur, in welcher sie anlangen, und wodurch das Schmelzen des Eises bewirkt wird. Je grösser die von einem Firnfelde ausgehende Masse ist, desto mehr Zeit bedarf es auch, um dieselbe zu schmelzen, und desto weiter in die Tiefe rückt demnach §. 267

auch der Gletscher vor. So kommt es, dass diejenigen Gletscher, welche ein im Verhältniss zu ihrer Thalöffnung sehr bedeutendes Firnfeld haben, selbst bis tief in diejenigen Regionen vorrücken, wo schon Getreide gepflanzt werden kann, wie dies z. B. bei dem Gornergletscher und dem untern Grindelwaldgletscher der Fall ist. Durch vergleichende Messungen, welche namentlich auf dem untern Aargletscher ausgeführt wurden, hat man nachgewiesen, dass für diese Bewegung der Gletscher von oben nach unten folgende allgemeine Gesetze gelten:

1. Die Bewegung der Gletschermitte ist schneller als die der Ränder. Es verhält sich in dieser Beziehung der Gletscher durchaus wie ein Strom, in welchem ebenfalls das Wasser in der Mitte weit schneller fliesst als an den Rändern. Eine quer über einen Gletscher gezogene gerade Linie bietet deshalb nach einiger Zeit einen thalabwärts convexen Bogen dar, dessen mittlere Krümmung stets bedeutender wird.

2. Die Bewegung geht ununterbrochen fort, steht aber im Verhältniss zu der Witterung. Bei kaltem Wetter ist das Vorrücken langsamer als bei warmem; in strenger Winterkälte sinkt es auf ein Minimum zurück. Im Frühjahre, während der grossen Schneeschmelze, ist die Bewegung am bedeutendsten.

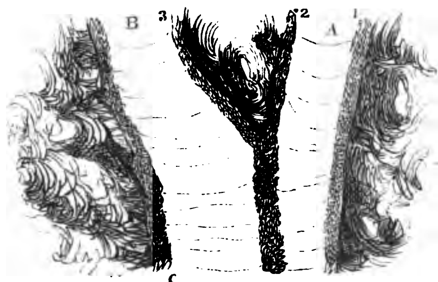
3. Das Maass der Bewegung ist in den verschiedenen Theilen desselben Gletschers verschieden, und hängt in den einzelnen Sectionen von der Neigung des Bodens, den Biegungen der Thalwände und der Weite des Thales ab. Die Masse des Gletschers influirt begreiflicherweise ebenso bedeutend wie bei einem Flusse auf die Schnelligkeit der Bewegung.

Mit der Gletscherbewegung darf das Vorrücken des Gletscherendes nicht verwechselt werden. Die Gletschermasse bewegt sich beständig nach unten, das Abschmelzen verringert die Masse beständig, der Gletscher hört demnach an dem Punkte auf, wo beide Elemente einander das Gleichgewicht halten. Treten kühle regnerische Jahre ein, während welcher viel Schnee fällt und wenig abschmilzt, so tritt das zerstörende Element zurück und die Gletschermasse rückt weiter in das Thal hinab; ist im Gegentheil das Abschmelzen überwiegend, so werden Theile des Thales entblösst, die vorher mit Eis überdeckt waren, und der Gletscher zieht sich scheinbar zurück, indem unten mehr von seinem Eise abschmilzt, als Masse von oben nachrückt. Die günstigsten Klimate für Entwickelung und grosse Ausdehnung der Gletscher sind daher diejenigen, wo kühle Sommer und wenig kalte Winter herrschen und die Luft viel Feuchtigkeit enthält und nieder-

schlägt; weshalb denn auf Inseln und am Meeresufer die Gletscher verhältnissmässig weit tiefer herabgehen als in trockenen Klimaten.

Alle Gletscher besitzen Moränen oder Steinwälle, welche aus Schutt und Trümmern der umgebenden Felsen zusammengesetzt sind. Man unterscheidet drei Arten von Moränen: Seitenmoränen oder Gandecken, Mittelmoränen oder Gufferlinien, Endmoränen oder Stirnwälle. Die Seitenmoränen bilden lange Linien von Wällen, welche von beiden Seiten her den Gletscher einfassen und längs der Ufer hin von dem Eise fortbewegt werden, auf welchem sie ruhen. Stossen zwei Gletscher in demselben Thalbette zusammen, wie dies sehr häufig der Fall ist, so vereinigen sich die beiden einander zugewandten Seitenmoränen zu einer Mittelmoräne oder Gufferlinie, welche als langer Steinwall auf der Mitte des Gletschers fortgeschoben wird. In der Fig. 448 seien *A* und *B* zwei Gletscher, welche in einem gemeinschaftlichen Thalbette zusammenstossen. Jeder dieser Gletscher §. 268.

Fig. 447.



hat seine Seitenmoränen: *A* die Moränen 1 und 2, *B* die Moränen 3 und *c*. Die einander zugewandten Moränen 2 und 3 vereinigen sich an dem Fusse des Felsspornes, welcher die beiden Gletscherarme trennt, zu der Mittelmoräne, während die beiden Seitenmoränen 1 und *c* als solche von dem vereinigten Gletscher fortgeführt werden. Mit jedem neuen Zuwachs des Gletschers durch eine Vereinigung entsteht deshalb auch eine neue Mittelmoräne, und daher die Regel, dass ein Gletscher aus so viel einzelnen Zuflüssen zusammengesetzt ist, als er Mittelmoränen zeigt, wenn man zu diesen noch Eins hinzuzählt.

Das Material der Moränen wird geliefert durch die Verwit-

terung der Felsufer, welche das Gletscherthal bilden. Je leichter diese zertrümmern, desto mehr Blöcke fallen auf den Gletscher, und die fortschreitende Bewegung desselben führt dieselben zu Thal. Da die Blöcke, welche auf dem Eise getragen werden, mit demselben fortbewegt werden wie auf einem Schlitten, so erleiden sie weiter keine Veränderung und behalten deshalb ihre scharfen Ecken. Dies ist namentlich auffallend an den Gufferlinien, wo die Blöcke ganz frei auf dem Eise liegen, während die Blöcke der Seitenmoränen oft in Spalten zwischen den Gletscher und die Felswand gerathen und dort abgerundet werden. Es bleibt demnach ein durchgreifendes Gesetz, dass alle auf der Gletscheroberfläche fortbewegten Blöcke, welche die Moräne zusammensetzen, durchaus frische Bruchflächen und scharfe Ecken und Kanten behalten.

Diejenigen Trümmer, welche durch Spalten auf den Gletscherboden oder zwischen den Gletscher und seine Uferwände fallen, werden unter der ungeheuren Eismasse, welche auf ihnen lastend sich fortbewegt, entweder zu feinem Sand zerrieben oder doch wenigstens abgerundet und geglättet, so dass sie einigermaassen Rollsteinen ähnlich sehen, nur mit dem Unterschiede, dass sie Streifen auf ihrer Oberfläche zeigen.

Unter allen Gletschern findet sich eine Schlammschicht, aus Sand und Grand, grösseren und kleineren abgeriebenen und geritzten Fragmenten bestehend, welche beständig am Thalende durch die Bewegung des Gletschers ausgestossen und deren feinere Sandtheile und kleinere Gerölle durch den dem Gletscher entströmenden Bach theilweise fortgeführt werden. Wie bedeutend die Menge des so weggeführten Landes sei, kann man daraus entnehmen, dass im Durchschnitt ein Cubikmeter Wasser, einige Meter unterhalb des Gletscherthores aus der Aar geschöpft, 142 Gramme Sand in Suspension enthielt. Da nun in der Mitte Augusts die Aar während 24 Stunden 2 Millionen Cubikmeter Wasser lieferte, so folgt daraus, dass in dem Zeitraume eines Tages 284374 Kilogramme aufgeschwemmten Sandes weggeführt werden.

Die abgerundeten und gestreiften Gerölle der Bodenschicht, nebst dem von dem Bache nicht weggeführten Sande, häufen sich vor dem Gletscher an und bleiben liegen, sobald dessen Thalende zurückweicht. Sie vermengen sich hier mit den Trümmern, die von dem Gletscher fallen, und bilden so die Endmoräne, welche mithin aus Sand, gestreiften Geröllen, Schlamm und ähnlichem geriebenen Gesteine besteht, auf welchem die eckigen, scharfkantigen Fragmente abgelagert sind, welche von

dem Gletscher und besonders den Mittelmoränen her sich der Endmoräne zugefügt haben. Diese bildet mithin einen aus zwei verschiedenen Elementen, nämlich aus geriebenen und scharfkantigen Trümmern zusammengesetzten Wall, während die Seiten- und Mittelmoränen nur aus einfachen scharfkantigen Trümmern zusammengefügt sind.

Bei dem Abschmelzen des Gletscherendes bleiben die Trümmer, welche eine wahre Sammlung aller Arten von Gesteinen bilden, die sich im Thalbereiche erstehend finden, theils in Form ausgebreiteter Lager von geritzten Rollsteinen, Sand und Grand, theils in Form von Wellen zurück, die an den Seiten des Thales als Linien in dem Thalgrunde als nach unten convexe Halbmonde erscheinen. Die Seitenmoränen bleiben meist nur dort zurück, wo flachere Terrassen an den Thalwänden sich zeigen. An den steilen Felsgehängen sieht man nur hie und da einzelne Blöcke, die, auf einem Vorsprunge liegend, die ehemalige Höhe des Eises bezeichnen.

Die Einwirkung der Gletscher auf den Boden ist sehr bedeu- §. 269.
tend: die Felsen des Thalgrundes und der Seitenwände werden abgerundet, ihre Flächen geebnet, ihre Ecken abgenutzt und die ganzen Gesteine gleichmässig geschliffen und förmlich polirt.

Die Schliffflächen, welche der Gletscher offenbar hervorbringt, zeichnen sich sowohl durch diese gleichmässige Flächenausbreitung, als auch durch ein zweites charakteristisches Zeichen aus: durch eine Menge feiner, geradliniger, mehr oder minder paralleler Ritzen und Streifen, welche auf der Oberfläche der Schliffe eingegraben sind. Diese Ritzen und Streifen, welche von der Structur, Krystallisation, Schieferung oder Schichtung der Gesteine durchaus unabhängig sind, folgen im Allgemeinen stets der Richtung, in welcher der Gletscher sich fortbewegt, und man kann aus der Direction, welche diese Streifen zeigen, auf die Richtung der Bewegungsaxe des Gletschers schliessen. Gleiche Ritzen und Streifen zeigen die Rollsteine, welche auf dem Gletscherboden in dem Schlammbette liegen, und offenbar beruhen die Ritzen der Felsflächen und der Rollsteine auf derselben Ursache, auf der Einwirkung der härteren Felsstückchen und Kryställchen auf die polirten Flächen. Eingebacken in dem Eise, wie in einer Handhabe, werden diese härteren Partikeln über die Gesteine hinbewegt unter einem ungeheuren Drucke und graben, wie der Grabstichel eines Kupferstechers, die Richtung ihrer Bewegung in das Gestein ein.

Die aufmerksamste Beobachtung hat erwiesen, dass von Was-

ser geglättete Felsen **nie** solche Streifen zeigen, wie die eben angeführten; dass vom Wasser gebildete Rollsteine **niemals** Streifen haben, sondern dass im Gegentheil bei nur sehr kurzem Transporte durch Bäche und Ströme die Streifen durch die Abnutzung der Rollsteine und der Felsflächen verschwinden.

Eine solche Zusammenstellung äusserst verschiedener Phänomene, geglätteter und geradlinig geritzter Felsen, abgenutzter Rollsteine mit geradlinig eingegrabenen Ritzen und Streifen, vermischt mit Sand und Grand, und darauf gelagerter scharfkantiger Blöcke und Trümmer, welche öfters zusammenhängende Wälle bilden, die ein Thal quer zu schliessen scheinen; eine solche Zusammenstellung kann nur durch Gletscher hervorgebracht werden, und überall, wo eine solche Zusammenstellung existirt, muss auch nothwendiger Weise gefolgert werden, dass Gletscher einst an diesem Orte existirten. Aus dem Zusammentreffen dieser verschiedenen Erscheinungen wurde auch schon die Gletschertheorie gefolgert, nach welcher die erratischen Blöcke der Schweiz und der höheren Gebirge durch Gletscher an ihre jetzigen Stellen gebracht wurden.

§. 270. Die Gletscher der Polargegenden zeichnen sich im Allgemeinen durch ihre ansehnliche Breite und durch den Mangel an Moränen aus, die zwar nicht ganz fehlen, aber doch sehr zurückgedrängt sind, indem die flachen Thäler bis zu den Spitzen der Bergkämme von Eis erfüllt sind. Da indess diese Gletscher meist in das Meer reichen, so werden durch die Brandung und die Niveauunterschiede von Ebbe und Fluth, ungeheure Massen von ihnen losgebrochen und als schwimmende Eisberge durch die Meeresströmungen weithin verführt. Trümmer und Felsblöcke, die entweder auf den Gletschermassen aufliegen oder in sie eingebacken sind, werden auf diese Weise von ihrer Lagerungsstelle auf bedeutende Entfernungen hin in das Meer geflösst. Gleiche Vehikel bildet das Küsteneis und das Eis der Flussmündungen, welches in den nördlichen Breiten sich in jedem Winter bildet. Man hat nachgewiesen, dass noch in der Breite von Kopenhagen der Boden der Rhede beständig mit Blöcken überdeckt wird, welche das Treibeis der Ostsee herbeiführt; dass die Untiefen in der Nähe des Lorenzstromes förmlich mit Blöcken erfüllt werden, welche das Flusseis einhüllt, und dass auf diese Weise dieselben Processe, welche wir als wirkende Ursachen der Zerstreuung der nordischen Findlingsblöcke anerkannten, noch immer in ungeschwächtem Maasse fortwirken, und auf dem Boden der nordischen Seen ähnliche Erscheinungen erzeugen

müssen, wie sie früher in den nordischen Tiefebenen erzeugt wurden.

b. Das Wasser als Flüssigkeit.

Das Wasser in flüssiger Form, wie es das weite Becken des Meeres, die kleineren Räume der Binnenseen ausfüllt, und in unzähligen Quellen, Bächen, Flüssen und Strömen auf der Oberfläche des Festlandes und in dem Innern der Erdschichten circulirt, hat den wesentlichsten Antheil an den geologischen Erscheinungen der Jetztwelt. Ihm gehört vorzugsweise die Schichtbildung an; die bis jetzt betrachteten Gesteine älterer Formationen sind durch Absatz im Wasser gebildet, und es muss deshalb das Studium der Erscheinungen, welche das in unserer jetzigen Periode auf der Oberfläche der Erdrinde und in ihrer nächsten Tiefe befindliche Wasser darbietet, den wesentlichsten Schlüssel zu der Erklärung der bis jetzt betrachteten Sedimentbildungen geben. §. 271.

Die Quellen finden ihre Wurzeln in dem aus der Atmosphäre theils durch Verdichtung, theils durch Niederschlag stammenden Wasser; von diesem letztern kehrt ein um so grösserer Theil durch Verdunstung in die Atmosphäre zurück, als die mittlere Temperatur des Ortes bedeutender ist, und man kann sagen, dass in unseren Klimaten solche Flüsse, welche nicht von Gletschern entstammen, ein Drittheil bis die Hälfte der in ihrem Flussgebiete gefallenen Regenmenge dem Meere zuführen. Bei den aus Hochgebirgen stammenden Quellen bildet noch die Condensation der in der Atmosphäre aufgelösten oder in den Wolken enthaltenen Wasserdämpfe einen wesentlichen Hebel zur Speisung der Quellen, und die Gletschergebiete stellen in dieser Hinsicht grosse Reservoirs dar, mittelst deren im Sommer die sonst vertrocknenden Quellen durch die im Winter gefallene Schneemenge gespeist werden. In den niederen Gebirgen ist es namentlich die Wälder- und Moosvegetation, welche ebensowohl zur Condensation der Wasserdämpfe, als auch namentlich zur gleichmässigen Vertheilung der Regengüsse mithilft. Die in plötzlichen Regengüssen gefallene Wassermenge bedarf einer gewissen Zeit, um nach und nach durch Laub und Moos bis in den Boden einzudringen und vertheilt sich so auf eine gewisse Zeit, während bei entblösstem Boden die Wassermenge schnell abfliesst und so häufig Ueberschwemmungen verursacht werden.

Das Verhalten des Bodens ist von wesentlichem Einfluss für die Aufnahme des Wassers und die Entstehung der Quellen. Felsboden lässt im Allgemeinen nur dann bedeutendere Durchsickerung des Wassers zu, wenn er mehr zerklüftet und zerspalten ist. Die überall zerrissenen und zersplitterten Mauern des Jurakalkes und vor allen des Dolomites bieten deshalb stets eine trockene Oberfläche, weil das Wasser durch die zahlreichen Spalten sogleich in die Tiefe sinkt, und das compacte Gestein nur wenig in sich aufnimmt. Sandsteine, meist weniger zerklüftet, bieten durch ihre Structur und Porosität gleichsam natürliche Filter dar, in welchen das Wasser sehr langsam, aber gleichmässig durchsickert, deren Masse beständig durchfeuchtet ist, weshalb sie auch einen vortrefflichen Grund für die Vegetation bieten. In die gewöhnliche Ackererde dringt selbst ein starker Regen selten tiefer als einen halben Fuss, die tiefste Grenze beträgt einen Meter; Thonboden ist durchaus undurchdringlich, während Sand und Geschiebe das Wasser bis in jede Tiefe durchsetzen lassen. Mergel- und Thonschichten bieten deshalb in allen Formationen die natürlichen Scheidemauern für das Wasser, zwischen welchen die einzelnen Wasser führenden Schichten sich abgrenzen, und in Gebirgen, welche aus abwechselnden Folgen kalkiger und sandiger Schichten mit Thon- und Mergellagern bestehen, wird man stets die Quellen oberhalb dieser Mergellager hervorbrechen sehen. Die meisten Ansammlungen stehender Wasser verdanken wir solchen Thonlagern, welche das Einsickern der Flüssigkeit in die Tiefe verhindern; die Trockenlegung von Sümpfen, Seen und Torfmooren ist dadurch möglich geworden, dass man an vielen Stellen diese undurchdringlichen Thonlager durchbohrte, und dem Wasser einen Abfluss in die Tiefe verschaffte. Die Vegetationsfähigkeit der Oasen in den Sandwüsten beruht einzig auf dem Umstand, dass Thonlager, welche das Wasser zurückhalten, nahe an die Oberfläche des Bodens kommen, während in den übrigen Theilen der Wüste sie mehr in die Tiefe zurücktreten und das Wasser sehr schnell von oben herab durchfiltrirt und die oberen Schichten trocken lässt. Finden sich natürliche Risse oder Thaleinschnitte, an deren Wänden die Thonlager zu Tage treten, so werden diese zugleich der Ausgangspunkt für die Quellen werden, welche in dem Thale vorkommen. In der Figur 449 sei der Durchschnitt einer Gegend gegeben, welche bei *V* einem tieferen, auf der rechten Seite einen weniger tiefen Thaleinschnitt zeigt. Die oberen Lagen, mit *a* bezeichnet, seien aus porösem Kalk-

stein gebildet, unter dem ein Lager *b* undurchdringlichen Thons sich findet. Unter diesem Thone möge wieder durchdringlicher Quarzsand *c* und als tiefste Schicht *d* Thon sich finden. Die natürliche Folge einer solchen Disposition wird sein, dass die durch den porösen Kalkstein dringenden Regenwasser sich auf

Fig. 448.



der oberen Thonschicht *b* sammeln und in dem Thale oberhalb dieser Thonschicht an den Seitenwänden hervorbrechen werden. Die in dem Thale rechterseits fallenden atmosphärischen Niederschläge werden zum Theil bei *c* in die Sandschicht eindringen, auf den unteren Thonen weiterlaufen und ebenfalls in dem Thale *V* zu Tage kommen, aber nicht an den Wänden, sondern auf der Sohle des Thales, wodurch auch ein Unterschied in den Quellen verschiedener Höhen gegeben werden kann, indem die an den Thalgehängen hervorbrechenden Quellen, welche hauptsächlich durch Kalkschichten gesickert sind, eine bedeutende Menge dieser Substanz aufgelöst haben werden, während im Gegentheil die im Thalgrunde entspringenden Quellen durch den Quarzsand filtrirt worden sind.

In den meisten Fällen sind es die kleineren unzähligen Spalten der Felsgesteine, welche in den Bodenschichten dem Wasser §. 272.
den nöthigen Abfluss gewähren; zuweilen aber auch finden sich beträchtlichere Spalten, Löcher und Höhlungen, durch welche die Gewässer oft Meilen weit in der Tiefe unter den Schichten sich durchwinden, um später irgendwo an einem tieferen Orte an das Tageslicht zu treten. In Griechenland sind diese Abzugscanäle der Thäler schon aus den Zeiten der Alten unter dem Namen der Katabothra bekannt. Morea besteht aus einer Reihenfolge geschlossener Becken, welchen sehr oft ein Thalriss abgeht, durch welchen das Wasser seinen Abfluss finden könnte; die Wände dieser Kesselthäler sind von zerklüftetem Kalksteine, meist der Kreideperiode angehörig, gebildet. An dem Fusse dieser Kalkwände finden sich trichterförmige Oeffnungen, durch welche die Gewässer ihren Abzug nehmen und sodann an der Aussenseite der Kalkschichten als mächtige Quellen wieder erscheinen. Zuweilen sind in der Regenzeit die Katabothra nicht geräumig genug, um dem Wasser seinen vollständigen Abfluss

zu gestatten, und es entstehen dann temporäre Seen, die allmälig abfliessen. Die Basis der Kesselthäler ist in Griechenland meist von Thon und Mergel gebildet, der von den Strömungen mit in die Katabothra hineingezogen wird, aber offenbar innerhalb der Spaltungen und Höhlungen des Gebirges abgelagert wird, da die Quellen klar zu Tage kommen. In anderen Kalkgebirgen wiederholt sich dieselbe Erscheinung. Der Zirknitzer See in Krain entleert sich theilweise, zuweilen selbst ganz, durch solche unterirdische Canäle; die Torfmoore von les Ponts bei Neuchatel, der Lac de Joux im waadtländischen Jura ernähren ähnliche trichterförmige Abflüsse.

Solche grössere Abzugscanäle, welche wahrscheinlich im Inneren des Gebirges durch bedeutende Höhlen und Spalten durchdringen, liefern dann auch ungemein mächtige Quellen, die als Flüsse und Bäche hervortreten. Die Quelle der Sorgue bei Vaucluse liefert in der trockenen Jahreszeit 444 Cubikmeter, in der wasserreichen hingegen 1330 Cubikmeter Wasser in der Minute; die Serrière bei Neuchatel, die Birs bei Tavannes, der Mühlbach bei Biel, die Orbe im Waadt treten aus dem Felsen mit einer solchen Mächtigkeit, dass sie bei ihrem Ursprunge Mühlräder zu treiben vermögen; der Loiret trägt sogar Dampfschiffe bis an seine Quelle.

§. 273. Von besonderer geologischer Wichtigkeit sind diejenigen Quellen und Gewässer, welche chemische Niederschläge bilden. Die Substanzen, welche sich auf diese Art absetzen, sind entweder durch grössere Wärme oder durch besondere Agentien in dem Wasser aufgelöst und fallen dann zu Boden, wenn die Bedingung ihrer Auflösung aufhört. Mit Ausnahme einiger weniger fast chemisch reiner Quellen enthalten alle übrigen auf dem Festlande circulirenden Gewässer mehr oder minder grosse Mengen aufgelöster Stoffe, worunter namentlich Sauerstoff, Kohlensäure, Stickstoff, Kochsalz, Gyps und doppelt-kohlensaurer Kalk sich befinden. Man könnte demnach den Namen Mineralwasser auf sämmtliche süsse Gewässer anwenden, während man diese Bezeichnung wesentlich für solche Quellen aufspart, die entweder durch übermässige Temperatur, oder durch reichen Gehalt, oder durch besondere aufgelöste Stoffe sich auszeichnen. Unter den Gasarten, welche sich in den Gewässern finden, ist die Kohlensäure besonders wichtig, indem sie als schwache Säure ein allgemein verbreitetes Lösungsmittel der Gesteine abgiebt; dann in einzelnen Fällen der Schwefelwasserstoff, welcher besonders

durch Zersetzung von Schwefelmetallen in dem Wasser sich erzeugt.

Unter den festen Bestandtheilen sind für die Geologie Kochsalz, Kalk, Kiesel und Eisen besonders wichtig. Das Kochsalz findet sich in einer Menge von Soolquellen, und zwar dort hauptsächlich in Folge von Auflösung des Steinsalzes, das in verschiedenen Formationen, in Deutschland besonders in dem Muschelkalke abgelagert ist. Ausserdem kennt man mehre grössere Steppengebiete, in denen jede Lache salzig ist, und eine Menge von grösseren Seen, unter welchen namentlich das Todte Meer berühmt ist. An allen diesen Orten entstehen durch die Verdunstung der meist seichten Gewässer bedeutende Salzablagerungen, die meistens mit Natron, Magnesia und ähnlichen Erden verunreinigt sind, und die oft Efflorescenzen bilden, welche weite Landstrecken wie ein schneeiges Pulver überziehen. Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, dass durch die allmälige Austrocknung solcher Salzseen ebenso wieder neue Stöcke von Steinsalz in den jetzt sich ablagernden Schichten gebildet werden, wie dies auch in älteren Ablagerungen der Fall war.

Auf der Eigenschaft des doppelt-kohlensauren Kalkes, bei §. 274.
Berührung mit der Luft die Hälfte seiner Kohlensäure fahren zu lassen, und sich als einfach-kohlensaurer Kalk niederzuschlagen, beruht die Bildung der Kalktuffe, der Süsswasserkalke und Travertine, die besonders da im grossen Maassstabe stattfindet, wo vielfach durchklüftete Kalkgesteine mit Leichtigkeit von den Tagwassern ausgelaugt werden. Der Ueberschuss an Kohlensäure, den diese besitzen, löst den Kalk auf, der dann wieder beim Verdunsten niederfällt. Der kalkige Niederschlag wird, wie alle chemischen Niederschläge, begünstigt durch die Gegenwart rauher Oberflächen, welche er incrustiren kann, und so zeigen sich dann meist die Absätze als successive Einhüllungen derjenigen Körper, welche solche Oberflächen bieten. Steine und Sandkörper, besonders aber organische Körper aus dem Pflanzen- und Thierreiche, dienen als erste Anziehungspunkte für diese Niederschläge, welche nur nach und nach bei zunehmender Anhäufung die ursprünglichen Formgestalten der Körper wiedergeben. Die meisten Tuffe, welche sich unter unseren Augen beständig weiter bilden, zeichnen sich deshalb durch eine Menge von Höhlen, Zwischenräumen und eine gewisse schwammige Textur aus, welche daher rührt, dass sich dieselbe um Moose, Algen und sonstige kleine Gewächse bilden, deren oft sonderbar in einander verschlungene Form sie wiederholen. Gewiss tragen

diese Pflanzen auch dadurch zur Bildung der Tuffe wesentlich bei, dass sie die im Wasser enthaltene Kohlensäure durch den Vegetationsprocess zersetzen, indem sie den Kohlenstoff assimiliren und Sauerstoff aushauchen. Durch diesen Process wird Kohlensäure, das Lösungsmittel des Kalkes, aus dem Wasser entfernt und der einfach-kohlensaure Kalk niedergeschlagen.

Die gewöhnlichen Süsswasserkalke sind nur eine compactere Form dieser Tuffe, welche sich besonders auf dem Grunde der Süsswasserteiche und Seen meist sehr langsam und in grosser Ruhe ablagert. Die organischen Körper bilden auch hier Mittelpunkte concentrischer Ablagerungen, deren Zwischenräume sich aber allmälig ausfüllen, so dass compacte Massen sich erzeugen, in welchen die oft zerstörten Pflanzenreste unregelmässige Canäle und Höhlungen bilden. Zahlreiche Schalen von Süsswasserbewohnern sind in diesen Süsswasserkalken eingeschlossen, während die aus bewegteren Gewässern abgesetzten Kalktuffe und Sinter meist nur vegetabilische Reste enthalten. Einen Beweis für die grosse Ruhe, in welcher sich meist die Süsswasserkalke ablagern, bilden auch die feinen Röhren und Bläschen, die sich darin finden und offenbar durch Luftbläschen entstanden sind, welche in die Höhe stiegen, als der Kalkniederschlag noch die Consistenz eines festen Schlammes hatte.

In solchen Quellen, in welchen heftigere Bewegung stattfindet, schlägt sich der kohlensaure Kalk nach und nach in concentrischen Schalen um die in dem Wasser umhergetriebenen festen Körperchen nieder und bildet auf diese Weise die Oolithe und Sprudelsteine, die allmälig zu Boden sinken und zu Schichten verkittet werden.

In geringerem Maasse zeigen sich kohlensaure Kalkablagerungen in allen Höhlen, wo das kalkhaltige Wasser durch die Felsenwände durchsickert und dann beim Verdunsten ein incrustirendes Sediment zurücklässt, die Stalaktiten oder Tropfsteine, die namentlich da zapfenförmig sich bilden, wo eine Spalte dem Wasser einen regelmässigen tropfenden oder rieselnden Abfluss gestattet. Das auf den Boden abtropfende Wasser bildet dort eine kegelförmige Tropfsteinmasse, einen Stalagmiten, und beide Theile vereinigen sich oft in der Mitte, so eine Säule bildend, die ursprünglich einer Sanduhr ähnelt, und nach und nach sich ausgleicht.

§. 275. Die Kieselsinter, welche vornämlich von heissen Quellen erzeugt werden, die aufgelöste Kieselerde in gallertigem Zustande fallen lassen, zeigen sich in nur höchst geringer Verbreitung,

wie z. B. bei den Geysern auf der Insel Island, bei St. Michael auf den Azoren, in der nördlichen Insel von Neu-Seeland u. s. w.; auch hier findet die Anheftung der Niederschläge um vorhandene organische oder unorganische Substanzen, wie bei den Kalkablagerungen, statt.

Der Eisengehalt vieler Quellen, Gewässer und Moräste liefert den Stoff zu einem eigenthümlichen Absatze von Eisenerz, welches unter den Namen Rasenerz, Bohnerz, Raseneisenstein bekannt ist. Dieses Mineral bildet kleine Körner, welche zuweilen bis zu Kopfgrösse heranwachsen, meist aber in Form kleiner Erbsen oder Böhnchen auf dem Grunde der Moräste, in sumpfigen Wiesen und an solchen Orten sich ansammeln, wo viele Feuchtigkeit und Wasser lange in der Dammerde oder dem Lehmboden stagnirt. Die bedingenden Ursachen dieser Ablagerungen sind ohne Zweifel complicirter als bei den Kalk- und Kieselsintern. §. 276.

Zuvörderst kann wohl keinem Zweifel unterworfen sein, dass gewisse mikroskopische Organismen, welche man bisher dem Thierreiche, richtiger aber wohl dem Pflanzenreiche beigesellt, eine bedeutende Rolle in der Production dieses Rasenerzes spielen. Die Gallionellen, welche eine starke, eisenhaltige Schale besitzen, findet man in grosser Menge in allen Quellen und Sümpfen, welche Rasenerz hervorbringen, und ihre Panzer zeigen sich in den Böhnchen selbst in ungemeinen Quantitäten angehäuft.

Indess kann auf der andern Seite nicht geläugnet werden, dass auch chemische Kräfte einen bedeutenden Einfluss auf die Bildung des Rasenerzes üben, und dass namentlich vegetabilische Stoffe, welche sich zersetzen, das Ihrige zur Auflösung des Eisens beitragen, welches nachher als Bohnerz abgelagert wird. Die eisenhaltigen Gesteine werden durch vegetabilische Stoffe, besonders Wurzeln, allmälig entfärbt, das Eisenoxyd, welches darin enthalten ist, reducirt und als Oxydul dann nachher von dem durchsickernden Wasser weggeführt. Der eisenhaltige Sand namentlich zeigt sich oft im Umkreise eines halben Fusses um eine faulende Baumwurzel vollkommen seines Eisens beraubt. Die Quellsäure und Kohlensäure der atmosphärischen Wasser bemächtigen sich dieses Eisenoxyduls, das nun wegfliesst, bis es an solchen Orten, wo das Wasser geringeren Fall hat, besonders aber in Seen, Sümpfen, Teichen und Torfmooren, sich auf Kosten des Sauerstoffes der Luft allmälig wieder oxydirt, unlöslich wird, niederfällt und durch molekulare Anziehung kleinere oder grössere Erbsengesteine bildet.

Die Bildung des Rasenerzes findet demnach überall statt, wo mit Eisenoxydul überladene Gewässer sich ansammeln und stehen bleiben. In den Seen Schwedens und Norwegens ist das so gebildete Erz meist fast reines Oxyd, in den Torfmooren und Sümpfen enthält es fast immer Phosphorsäure, die sich aus den Organismen, welche dort faulen, erzeugt und mit dem Eisen verbindet. Der eisenhaltige Absatz, welchen die Gewässer in der Ruhe bilden, zeigt sich zuerst in Gestalt eines braunen, gelatinösen, schlüpfrigen Schlammes, der sich überall anhängt und allmälig um die kleinen Sandkörner des Bodens concentrische Knötchen bildet. Die Bildung ist nicht nur auf die Sümpfe und Torfmoore beschränkt, sondern macht sich auch in reinem Seewasser, sowie in den nassen Strandregionen des Meeres, wo der Sand der Dünen eisenhaltig ist, bemerklich.

§. 277. Die chemischen Ablagerungen in Meeren scheinen nicht so bedeutend, als man von vornherein glauben sollte und beschränken sich meist, wie es scheint, auf die Küstenstriche, längs welchen die süssen Gewässer bedeutendere Massen fremder Stoffe in aufgelöstem Zustande dem Meere zuführen. Anderseits sind diese Ablagerungen noch zu wenig studirt, so dass es schwer hält, weitere Schlüsse auf ihre Kenntniss zu bauen. Man kennt vorzüglich nur Ablagerungen von Kalk, welche besonders in wärmeren Meeren stattfinden, wo durch die starke Verdunstung die Kohlensäure aus dem Wasser entweicht und der einfach-kohlensaure Kalk niederfällt. Unter der Bewegung des Meeres bilden sich dann meistens rundliche Kalkkörner, deren Entstehung durch ein Sandkörnchen, ein Muschelstückchen veranlasst wird, und deren Anhäufung dann wahrhafte Oolithe zusammensetzt, welche die Muschelfragmente an der Küste zusammenbacken und so selbst ziemlich compacte Kalke bilden können. Die Küstenriffe der Koralleninseln sind meistens auf diese Weise noch inniger zusammengebacken.

§. 278. Die mechanischen Ablagerungen von Substanzen, welche im Wasser aufgeschlämmt waren, spielen eine weit bedeutendere Rolle als die chemischen Niederschläge, und wechseln sehr, theils nach der Grösse der Materialien, theils nach der Bewegung der Wassermassen, worin sie aufgeschlämmt sind. Die feineren Bestandtheile, Sand und Schlamm, werden je nach Verhältniss der Schnelligkeit des Stromes mehr oder minder weit schwebend und schwimmend fortgeführt, während die schwereren Bruchstücke bei heftiger Stosskraft auf dem Boden fortgerollt werden oder selbst gänzlich liegen bleiben. Die mechanischen

Niederschläge werden deshalb um so vollständiger vor sich gehen, je ruhiger das Wasser ist, und die zerstörende Wirkung der Gewässer wird um so mehr über die neubildende überwiegen, je stärker ihre Bewegung ist. In dem Oberlaufe der Gewässer, wo der Fall meist bedeutender ist, tritt deshalb die Zerstörungskraft weit mehr hervor, indess finden sich auch hier bedeutende Ausnahmen in Folge der Grösse der Materialien und ihrer Masse im Verhältniss zu der geringen Wassermenge, die sie fortflösst. Die Wildbäche der oberen Bergregionen bilden da, wo sie aus tief eingeschnittenen Runsen in die Thäler einmünden, eigenthümliche schiefe Schuttkegel, deren Spitze an die Runse sich anlegt, während der Fuss in dem breiteren Thale ruht, und die meist aus grösseren Geröllen zusammengesetzt sind. Die Böschungswinkel dieser Schuttkegel sind meistens sehr bedeutend, wechseln aber von 5 bis zu 40 Graden, je nachdem die Fragmente mehr oder minder grob sind. Auf dem Rücken dieser Schuttkegel findet sich stets das seichte Bett des Wildbaches, der dann beim Anschwellen nach allen Seiten übertritt und Ueberschwemmungen veranlasst.

In den Flüssen und Bächen selbst findet eine beständige Abnutzung der hineingerathenen Fragmente statt, die allmälig durch die beständige Bewegung abgerundet und zu stets kleineren Rollsteinen gleichsam vermahlen werden, bis endlich nur feiner Sand übrig bleibt. In solchen Flüssen, denen auf ihrem Laufe keine bedeutenderen Gerölle mehr zugeführt werden, hält es leicht, die beständig fortschreitende Abnutzung zu constatiren. So sind im oberen Laufe des Rheines Gerölle von der Grösse eines Kinderkopfes keine Seltenheit, während man in der Nähe von Cöln nur selten ein faustgrosses Stück und in Holland nur feinen Sand und Schlamm sieht. Da indessen in dem Unterlauf der Flüsse die Schnelligkeit der Bewegung meist sehr bedeutend abzunehmen pflegt, so wird damit trotz der steten Reduction der Gerölle die Ablagerung auch bedeutender. Man hat berechnet, dass die Gerölle, die auf dem Grunde eines Stromes liegen, bei folgenden Geschwindigkeiten unbeweglich liegen bleiben: feiner Schlamm bei 3 Zoll Geschwindigkeit; feiner Sand bei 6 Zoll; grober und eckiger Sand bei 8 Zoll; abgerundete gerollte Kiesel von 1 Zoll Durchmesser bei 2 Fuss Geschwindigkeit; endlich eckige, eigrosse Kiesel bei 3 Fuss Stromgeschwindigkeit.

Von besonderer geologischer Wichtigkeit sind diejenigen §. 279.
Materialien, welche in Strömen und Flüssen in einem Zustande so feiner Aufschlämmung fortgeführt werden, dass man die ein-

zelnen Theilchen nicht mehr mit blossen Augen unterscheiden kann, sondern nur eine mehr oder minder bedeutende Trübe des Wassers wahrnimmt. Eine solche Trübe wird nicht nur über die ganze Länge des Flusslaufes, sondern auch noch weit in das Meer hinein fortgeführt, wo sie erst nach und nach und zwar in äusserst langsamem Maassstabe zu Boden fällt. Bei einem Versuche von Bischoff zeigte der Rhein am 24. März 1851 in 100,000 Theilen Wasser 20,5 schwebende Theile, und das Wasser hatte sich erst nach vier und einem halben Monate vollkommen geklärt und einen schwärzlichen Bodensatz gebildet, der fest zusammengebacken war. Bei der äusserst feinen Vertheilung dieser von Bischoff untersuchten Massen, die erst nach vier Monaten in stehenden Gefässen sich abgesetzt hatten, begreift man leicht, bis auf welche grosse Strecken hin die Materialien in das Meer verführt werden können, bevor sie den Boden erreichen. In chemischer Hinsicht war diese Rheintrübe zusammengesetzt aus 66,2 Kieselerde, 12,4 Thonerde, 16,6 Eisenoxyd, 3,1 Kalk, 1,5 Kali und Natron und einer sehr geringen Quantität Magnesia, so dass die procentische Zusammensetzung auffallend derjenigen der stark kieselerdehaltigen Thonschiefer glich. In chemischer Hinsicht war zwischen dieser Rheintrübe, und den Thonschiefern nur in soweit ein Unterschied zu finden, als in der ersteren die Kieselerde in ihrer auflöslichen Modification vorhanden war, während in den Schiefern die Kieselerde durch Säure unlöslich ist, und durch Glühen aufgeschlossen werden muss. Man begreift leicht, dass die Trüben verschiedener Flüsse, je nach der Zusammensetzung der Gegenden, durch welche diese laufen, auch verschieden sein müssen, und dass während die Rheintrübe in dem Meere Schichten höchst feinkörniger Thonschiefer erzeugen muss, andere Trüben mehr kalkige oder kieselige Gesteine erzeugen werden.

§. 280. Eine natürliche Folge der Fortbewegung der Gerölle sowie der feineren Sandtheile ist deren Absetzung aller Orten, wo der Lauf des Flusses sich verlangsamt und somit demselben die nöthige Kraft fehlt, dieselben weiter zu schaffen. Die Ablagerung der Gerölle im Bette von Flüssen, welche aus den Gebirgen in die Ebene treten, worin die Neigung ihres Bettes weit geringer wird, ist demnach ein allgemeines Gesetz, und in Folge dieser Ablagerung erhöht sich beständig das Flussbett im Verhältniss zu der Menge der angeschwemmten Gerölle. In allen Flachländern beobachtet man daher eine stete Versandung der Flussbetten und somit eine Verminderung des Raumes, welchen das

Bett bietet. Ist dieses tief eingeschnitten, so erhebt sich allmälig der Wasserspiegel, und bei stärkerem Anschwellen des Flusses überströmt dann dieser um so leichter seine Ufer, je mehr sich sein Bett versandet. Kommt nun eine heftigere Fluth, so bricht an dem einen oder dem andern Orte, wo das Terrain leichter sich einschneidet, der Fluss durch, gräbt sich ein neues Bett und lässt das alte entweder als Nebencanal oder sogar ganz trocken zurück. In bewohnten Gegenden ist man gezwungen, durch Dämme, die man stets höher und höher erheben muss, dieser Auffüllung der Flussbetten entgegen zu wirken, so dass man endlich so weit kommt, dass der Grund des Flussbettes selbst auf den künstlich erhobenen Dämmen in höherem Niveau sich befindet als die Ebene umher.

Bei der Einmündung von Flüssen in Seen und Meere, wobei eine plötzliche Verlangsamerung der Bewegung eintritt, werden begreiflicher Weise eine Menge von gröberen und feineren Materialien abgesetzt, welche eine Anhäufung bilden, die man mit dem allgemeinen Namen der Delta's bezeichnet.

Die Delta's der Flüsse, welche sich in Seen ergiessen, bieten die einfachsten Verhältnisse dar, da diese Behälter meist als ruhend angesehen werden können, und nicht durch eigene Bewegung, wie das Meer durch Ebbe und Fluth, störend auf die Erscheinung einwirken. Die meisten Flüsse der Hochgebirge, besonders der Alpen, ergiessen sich in solche Binnenseen, und die Existenz dieser Behälter ist auch in Beziehung auf die Verhältnisse, welche uns beschäftigen, eine wesentliche Wohlthat für die Bewohner der Gebirgsländer und der daran grenzenden Ebenen. Die den Alpen entströmenden Flüsse führen verhältnissmässig eine ungeheure Menge von aufgeschwemmtem Material und von Geröllen mit sich, welche bei der starken Neigung ihres Bettes und der Geschwindigkeit ihres Laufes bis weit in die Ebene hinausgeführt werden und dort, durch Versandung der Betten, die grössten Ueberschwemmungen bewirken würden, wenn nicht die Seebecken in ihrem Laufe sich fänden, in welchen die Gerölle abgesetzt, der Schlamm und Sand aufgehalten und niedergeschlagen werden, und so dem Strome nur diejenigen Gerölle bleiben, welche er auf dem weiteren Verfolge seines Laufes durch die Ebene losreisst. Der Genfersee für die Rhone, der Brienzer- und Thunersee für die Aar, der Vierwaldstättersee für die Reuss, der Bodensee für den Rhein sind solche grosse Abklärungsbecken, in welchen die genannten Alpenströme ihre Geschiebe, Gerölle, Schlamm- und Sandanhäufungen absetzen. §. 281.

Alpenströme, welche keine Seen durchsetzen, wie der Po, zeigen deshalb auch die Erscheinungen der Versandung und Erhöhung der Flussbetten, der Deltabildung an der Ausmündung und der Ueberschwemmungen weit ausgebildeter, als z. B. der Rhein, und auch hier würde das holländische Delta weit geringer sein, wenn nicht der Rhein, wie die Rhone, nach dem Austritte aus dem Seebecken auf langem Laufe gewaltige Ablagerungen älterer Geschiebe durchschnitte, aus welchen er von Neuem mit Geröllen und mobilem Material versehen wird.

Da die Stosskraft der Gewässer bei dem Eintritt in das ruhige Seebecken erst allmälig abnimmt, so werden die abgelagerten Materialien, die Sand-, Schlamm- und Grusschichten, nicht in völliger Horizontalität, sondern in geneigten Böschungswinkeln abgesetzt, die mit 20 bis 30 Grad von dem Flusse weg gegen den See hin einfallen, und deren Böschungswinkel natürlich von der Grösse der Materialien, sowie auch namentlich von den periodischen Anschwellungen der Flüsse abhängt, die in solchen Zeiten weit gröbere Gerölle und eine weit grössere Masse derselben führen.

Alle Ablagerungen dieser Art, welche theils in Flüssen, theils in Süsswasserseen sich bilden, hat man unter dem Namen Süsswasserablagerungen (*depôts d'eau douce*) oder fluvioterrestre Ablagerungen zusammengefasst. Ihr wesentlicher Charakter besteht in der Abwechselung von Sand-, Grus- und Thonschichten, deren Schichtung um so verworrener ist, je grösser die treibende Kraft war, unter deren Einfluss sie sich absetzten, und zwischen denen sich Lager von Blättern, Zweigen, Land- und Süsswasserthieren aller Art finden. Es sind nicht bloss die Thiere, welche in Flüssen und Seen leben, wie z. B. Fische, Amphibien, Reptilien, Schnecken, Muscheln u. s. w., die dort ihr Grab finden; es werden auch ausserdem durch Ueberschwemmung und andere Zufälligkeiten Landpflanzen und Landthiere in Menge durch Flüsse und Bäche fortgeführt und an geeigneten Orten abgelagert. Es ist eine bekannte Thatsache, dass die meisten reissenden Thiere, welche ihre Beute überraschen, ihr Versteck in der Nähe solcher Orte wählen, wo die Grasfresser zum Trinken kommen; und man hat mit Recht darauf aufmerksam gemacht, dass die grösseren Wasserraubthiere, wie z. B. Krokodile, ebenfalls diesen Augenblick benutzen, um Landthiere zu fassen und in das Wasser herab zu ziehen. Ebenso liegt es auf der flachen Hand, dass bei grösseren Zerstörungen durch Ueberschwemmungen, Orkane u. s. w. eine Menge von

Landthieren in dem Absatze solcher süssen Gewässer ihr Grab finden und mit den eigentlichen Bewohnern derselben gemengt werden.

Die Ablagerungen der Flussmündungen in Meeren ohne Ebbe und Fluth würden gar keinen Unterschied von denen in grösseren Seen darbieten, wenn nicht die specifische Schwere des Meerwassers einen solchen mit sich brächte. In der That sind die Flusswasser, selbst wenn sie getrübt sind, noch immer bei weitem leichter als das Meerwasser und gleiten so gewissermaassen beim Ausfliessen in das Meer auf dem schweren Meerwasser hin, so dass die von ihnen mitgeführten Geschiebestoffe in bedeutend grössere Entfernung verführt werden. In Meeren mit Ebbe und Fluth werden ebenfalls Verhältnisse ähnlich denen der Seen dadurch hergestellt, dass sogenannte Uferwälle gebildet sind, hinter welchen seichte Seen, sogenannte Lagunen, sich bilden, in welche dann die Flüsse sich ergiessen. Diese Uferwälle, welche durch das Aufwerfen der Gerölle mittelst der Wellenbewegung an flachen Küsten sich bilden, und die meistens durch Ebbe und Fluth bedingt sind, lehnen sich meist an die vorspringenden Winkel der Meeresufer an, und bilden Wülste, die oft über Meilen weite Strecken sich hinziehen und im Allgemeinen sehr regelmässige Curven bilden. §. 282.

In sehr vielen Fällen bleiben die Uferwälle aus demselben leicht beweglichen Material, Sand und Kies, zusammengesetzt, aus dem sie aufgeschüttet wurden; sehr oft aber wird dieser Sand durch Infiltration von Kalk zusammengebacken, cämentirt und allmälig in ein Conglomerat umgewandelt, welches zuweilen bedeutende Festigkeit besitzt. An einigen Küsten schreitet die Bildung dieser kalkigen Uferwälle und ihre Verkittung sehr rasch vorwärts, begünstigt ebensowohl durch bedeutenden Kalkgehalt in dem Seewasser, als auch namentlich durch Reichthum an Schalen aller Arten von Seethieren, welche in den Brandungen zerbrochen, zersplittert, zerrieben werden, und so eine Breccie bilden, welche durch feinere Kalkschälchen und chemisch abgesetzten Kalk zusammengekittet ist.

Die Linie der Uferwälle setzt sich sogar unter dem Wasserspiegel an denjenigen Orten fort, wo Flussmündungen einen Einbruch in den Uferwall bedingt haben. Es zeigt sich dann an der dem Uferwall entsprechenden Stelle eine seichtere, quer durch die Mündung gezogene Bank, die Barre genannt, hinter welcher landeinwärts der tiefere Fluss, nach aussen hin das Meer sich findet. Die meisten grösseren Flussmündungen zeigen solche

Barren, auf welchen man höchstens 5 bis 6 Meter Wasser trifft, deren Seichtigkeit selbst manchmal so bedeutend ist, dass die grösseren Schiffe vor denselben abladen müssen.

Viele Delta's, wie z. B. diejenigen des Po, der Rhone, des Ganges, des Mississippi, des Rheines, des Nils, sind ursprünglich nichts anderes, als Ausfüllungen von mehr oder minder bedeutenden Lagunen, welche durch solche Uferwälle von dem Meere mehr oder minder getrennt waren. Bei den einen, wie z. B. beim Nil, bei der Oder und Weichsel, sind diese Lagunen durchaus noch nicht vollständig ausgefüllt, so dass der Uferwall (in Norddeutschland die Nehrung genannt) noch in seiner völligen Ausdehnung zu sehen ist, und auch die Lagunen (Haff) in noch mehr oder minder bedeutender Erstreckung vorhanden sind. Bei anderen, wie z. B. beim Mississippi, sind freilich die Anschwemmungen, nachdem sie die Lagunen gänzlich erfüllt, über den Uferwall in das freie Meer hinaus fortgeschritten.

§. 283. Suchen wir im Allgemeinen die einzelnen Erscheinungen, welche die Delta's der verschiedenen Flüsse darbieten, zusammenzufassen, so zeigt sich, dass die Bildung derselben wesentlich von der Existenz fast horizontaler, kaum geneigter Strecken abhängt, welche durch einen Uferwall von dem Meere geschieden waren, und so Lagunen bildeten, innerhalb welcher die Anschwemmungen der Flüsse sich wie in einem ruhigen See ablagern konnten. Die periodischen Ueberschwemmungen der Flüsse und das abwechselnde Zurückstauen derselben durch die höheren Sturmfluthen bedingten anfangs mehrfache Abwechselungen in der Natur der Gewässer, welche die Lagunen erfüllten, bis nach und nach durch den fortgesetzten Absatz der Ablagerungen der Boden der Lagunen sich über das Meeresniveau erhob und ein plattes, von vielfachen Flussarmen durchfurchtes Land bildete, das durch einen sandigen Uferwall von dem Meere getrennt wurde. Nur die grössten Flüsse haben diesen Uferwall überschritten und ihre Anschwemmungen über denselben weg in das freie Meer hinausgeführt. Allein auch hier geschah dies meist nur in Folge der von Menschen unternommenen Eindämmungen, wodurch die Gewässer des Flusses verhindert wurden, sich zur Zeit der Ueberschwemmungen über die Fläche der Delta's auszudehnen. Die Verlängerung der wenigen auf diese Weise in das Meer vorgeschobenen Delta's ist indessen so unbedeutend, dass sie kaum in die Augen fällt.

§. 284. Die Delta's, welche über das Bereich der Uferwälle hinaus sich in die freie See erstrecken, bilden den Uebergang zu den

Erscheinungen, welche sich in denjenigen breiten offenen Flussmündungen zeigen, deren Eintritt durch keinen Uferwall beschützt ist, und die man Aestuarien genannt hat. Hier setzen sich die Gerölle und der Flussschlamm, nicht wie in den Delta's, nach Gesetzen ab, die etwa dieselben sind, wie in ruhigen, stehenden Gewässern, sondern das Meer tritt frei aus und ein, Ebbe und Fluth herrschen in den Aestuarien, wie in allen anderen Küstenerstreckungen und sogar noch in weit grösserer Ausdehnung, da die buchtenförmige Gestalt der Aestuarien die Erhöhung der Ebbe und Fluth bedingt. Die Bildung und Erhaltung der Aestuarien hängt demnach von der combinirten Wirkung des Meeres und des Flusses ab. Die Fluth tritt, durch keinen Uferwall gehindert, mit ihrer ganzen Bewegungskraft in die Mündung der Bucht ein; zwischen engeren Ufern eingeschlossen, erhebt sich die Fluthwelle und drängt vorwärts der Flussmündung entgegen in das Land hinein. Sie bildet so eine Art beweglichen Dammes, der das Flusswasser aufstaut und zurückdrängt, so dass während der Fluthzeit der Strom, statt nach dem Meere hin zu fliessen, landeinwärts fliesst, und in manchen Aestuarien die Fluth sich in zwanzig und mehr Meilen Entfernung von der Küste her spüren lässt. Die in dieser Weise eindringende Fluthwelle wird um so höher sein und um so schneller vordringen, je weiter die gegen das Meer gerichtete Oeffnung der Flussmündung ist, und je enger nach und nach die Ufer werden. Man nennt diese in Aestuarien sich bildenden Fluthwellen die Bora, und hat beobachtet, dass an manchen Orten eine Hauptwelle von 12 bis 15 Fuss Höhe entsteht, die mit einer Schnelligkeit von drei deutschen Meilen auf die Stunde vorwärts rückt und den ankernden Schiffen gefährlich wird. Die Mischung von süssem und Meerwasser bringt ausserdem eigenthümliche Erscheinungen hervor. Die grössere specifische Schwere des Meerwassers lässt dieses gleichsam wie ein Keil unter das süsse Wasser dringen und dasselbe aufheben, so dass man anfangs, wenn der Fluss sich staut, in den Aestuarien oben süsses Wasser, am Grunde aber Meerwasser findet und zwei entgegengesetzte Strömungen beobachtet, indem der Fluss noch thalabwärts fortströmt, während am Grunde das Meerwasser in entgegengesetzter Richtung vordringt. Sobald die Ebbe beginnt, so sinkt das Meer zurück, der Fluss strömt mit erhöhtem Gefälle vorwärts, da seine Wasser vorher gestaut waren und das Niveau des Meeres, in welches er sich ergiesst, abgenommen hat, und reisst nun die während der Fluth abgesetzten Materialien mit gewaltiger

Kraft fort. Auch hier übt wieder die specifische Schwere einen bedeutenden Einfluss, indem das Flusswasser über das Meerwasser hinwegströmt, und bei grösseren Flüssen bis viele hundert Meilen in die See hinein unvermischt demselben aufschwimmt. Ebbe und Fluth wirken demnach in den Aestuarien etwa wie ein Apparat von Schleusen, die man abwechselnd öffnet und schliesst, um bald dem Wasser ein erhöhtes Gefälle zu geben, bald es zu stauen und anzusammeln.

Es geht aus der Natur der Sache hervor, dass die in die Aestuarien fortgeführten Materialien auf bedeutend grössere Entfernungen hingeschwemmt werden als diejenigen, welche sich in Delta's und Lagunen sammeln. Der Strom trifft unmittelbar in das Meer, dessen Wasser eine grössere specifische Schwere und eine zweifache Bewegung besitzt, die durch Ebbe und Fluth, und diejenige durch die Winde, zu welchen noch an vielen Localitäten bestimmte Meeresströmungen kommen, welche, wie der Golfstrom, auf ungeheure Erstreckungen hin ihre Wirkung fühlen lassen. Es ist daher begreiflich, dass die der Trübe entsprechenden feinsten Materialien fast über das ganze Meer hin sich ausbreiten und in Gestalt eines feinen Schlammes sich dort absetzen, der nach und nach Schichten auf dem Meeresgrunde bildet. Diese Schichtbildung in der hohlen See muss indess eine äusserst langsame sein, indem die Menge der Materialien, welche sich auf dem Boden absetzen, nur äusserst gering ist im Vergleich zu der ungeheuren Flächenausdehnung der Oceane. Solche Strömungen wie der Golfstrom müssen auf diese Schichtbildung einen grossen Einfluss ausüben, indem sie Materialien, Thier- und Pflanzenreste in der Richtung des Stromes weiter fortführen, und in bandartigen Streifen seinen Grenzen nach ablagern. Man wird deshalb auch in der Hochseeformation, in welcher sich bei gewöhnlichen Verhältnissen nur Reste schwimmender Seethiere finden, die frühere Existenz von Meeresströmungen durch bandartige Streifen solcher fortgeschleppter Ablagerungen erkennen können.

§. 285. Man hat diejenigen Ablagerungen, welche in Aestuarien und im Bereiche der directen Anschwemmungen der Fluss- und Ufermaterialien gebildet sind, mit dem Namen der fluviomarinen Ablagerungen bezeichnet. Es ist leicht einzusehen, dass innerhalb des Bereiches dieser Ablagerungen mannigfaltige Abwechselungen in den Schichten stattfinden können, je nachdem der zuführende Fluss heftiger anschwoll oder das Meer überwiegend gegen das Ufer andrängte.

Die Ablagerungen, welche durch das organische Leben bedingt werden, sind insofern von besonderer Wichtigkeit für die Geologie, als die in ihnen eingeschlossenen Reste ein vorzügliches Mittel zur Erkennung gleichzeitiger Bildungen darbieten. In den Gewässern sind es namentlich die thierischen Ablagerungen, die Gehäuse, Schalen und Knochen, auf dem festen Lande die pflanzlichen Ablagerungen, welche besonders wichtig sind. Die meisten Thiere sind, in geologisch-chemischer Hinsicht betrachtet, Filtrirmaschinen, welche den im Wasser aufgelösten oder in der Nahrung gebotenen Kalk fixiren, und ihm eine feste organische Form geben, in welcher er weit weniger zerstörbar ist, als der reine kohlensaure Kalk. Die Rhizopoden, die Korallenpolypen, die Mucheln und Schnecken sind, in dieser Hinsicht vorzüglich wichtig für die Geologie und fast überall verbreitet, während Fische, Amphibien, Reptilien und Säugethiere sich nur in genauer umschriebenen Localitäten finden. Unter den Pflanzen sind es besonders die mit Kieselschalen versehenen niedrigen Infusionspflanzen, welche bedeutendere Ablagerungen bilden, dann ferner die Torfmoore und die Wälder, die bedeutende Ansammlungen von Holzsubstanz erzeugen, welche nach und nach verkohlt und auf die schon früher besprochene Weise die Steinkohlen bildet. Eine nähere Besprechung der Art und Weise, wie das organische Leben unter diesen Verhältnissen wirkt, gehört der Paläontologie an. §. 286.

2. Die Degradation der Erdoberfläche.

Die Degradation, welche die freien, der Atmosphäre ausgesetzten Felsoberflächen durch den Einfluss der Atmosphäre selbst und der wässerigen Meteore erleiden, giebt sich durch mancherlei Erscheinungen kund, indem einerseits die chemische Action des Sauerstoffes der Luft unter Beihülfe der atmosphärischen Feuchtigkeit, anderseits aber und namentlich die auflösende Eigenschaft des Regens und der wässerigen Niederschläge überhaupt, sowie ferner die Einwirkung des Wechsels der Temperatur ihre Effecte combiniren. Wenngleich, wie wir schon früher bemerkten, das unmittelbare Eindringen der Gewässer in den Boden nicht sehr bedeutend ist, so kann man sich dennoch leicht überzeugen, dass nach und nach fast alle Gesteine bis in jede Tiefe vom Wasser durchdrungen werden, ob zwar einzelne derselben §. 287.

eine sehr verschiedene Durchdringlichkeit zeigen. Am undurchdringlichsten sind die vollkommen homogenen Gesteine mit muscheligem Bruche, wie z. B. die Obsidiane und Pechsteine, sowie auf der andern Seite die Thongesteine, bei welchen, wie es scheint, die Thonerde selbst durch ihr Verhalten zum Wasser, das dem eines Fettes ähnlich ist, Widerstand leistet. Auf diese Gesteine folgen ihrer Undurchdringlichkeit nach die Schiefer und die dichten Kalke, bei denen aber wieder die Schichtungsflächen, sowie die vielfachen Spalten und Klüfte dem Wasser einen Durchgang nach unten gestatten. Am durchdringlichsten sind krystallinische Gesteine, Granite, Porphyre, Basalte, sowie Sandsteine und poröse Felsenmassen, wie Mandelsteine, in welchen die Stollen beständig tröpfeln. Da alle eindringenden Gewässer Kohlensäure, und die meisten auch doppeltkohlensauren Kalk aufgelöst enthalten, so wird bald durch sie Kalk abgesetzt, bald welcher aufgelöst und ausserdem noch eine Reihe von chemischen Veränderungen bewirkt, die wir später im Zusammenhange betrachten werden. Hier beschäftigen uns vor der Hand nur diejenigen mehr in die Augen fallenden Degradationen, welche Veränderungen der Oberfläche bewirken und durch ihr Resultat hauptsächlich zu mechanischen Ablagerungen Veranlassung geben.

Die Veränderungen der Farbe, welche man an den meisten Gesteinen sowohl an den freien Oberflächen als auch zu beiden Seiten der Ritzen und Spalten wahrnimmt, bieten den ersten Grad der beginnenden Degradation dar, und rühren meist von der Oxydation der in den Gesteinen enthaltenen Bestandtheile her. So werden die meisten grünen Gesteine, die Serpentine und Porphyre, die grünliche Mollasse, die Protogine, an den der Luft ausgesetzten Stellen bis auf eine grössere oder geringere Tiefe in das Gestein hinein braunroth. Dieselbe Farbe zeigen die weisslichen Sandsteine und Granite, die gelblichen Jurakalksteine und die grauen schieferigen Gesteine, welche eingesprengten Eisengehalt zeigen. An anderen Stellen findet unter dem Einflusse des Einsickerns von Wasser, welches faulende organische Stoffe enthält, eine umgekehrte desoxydirende Einwirkung statt. In vielen rothen und gelben Sandsteinen lassen sich die grünen Streifen und Adern längs der den Sandstein durchziehenden Spalten leicht auf diese Weise erklären.

Geht die verderbliche Einwirkung der Atmosphäre tiefer, so verwittern die Oberflächen in der Art, dass die einzelnen Elemente, welche die Gesteine zusammensetzen, sich aus ihrer

Verbindung lösen, die im Wasser auflöslichen Bestandtheile weggeführt und oftmals durch die Oxydation der zurückbleibenden unlöslichen Elemente ganz neue Verbindungen erzeugt werden, deren Zusammensetzung von derjenigen des ursprünglichen Gesteins sehr verschieden ist. Das Resultat dieser Verwitterung stellt sich an der Oberfläche stets als ein mehr oder minder mächtiger Ueberzug von Grus, Sand und Erde dar, welcher sich auf der Oberfläche des Gesteins anhäuft und um so mächtiger ist, je leichter dies verwittert. Die mineralischen Bestandtheile der Dammerde sind überall nur Producte dieser verwitternden Einwirkung der Atmosphäre, und im Allgemeinen sind die schieferigen und thonhaltigen Gesteine derselben weit mehr ausgesetzt, als compacte Kalksteine oder massive krystallinische Massen. Viele Thonschiefer, Porphyre, Granite und Basalte sind klaftertief unter mächtigen Erd- und Grusschichten vergraben, welche aus dieser Verwitterung der ursprünglichen Gesteine hervorgegangen sind.

Die Gestalten der massiven Gesteine werden durch die Verwitterung in mehr oder minder bedeutendem Maasse verändert, indem theils die Ecken und Kanten sich abrunden, die Risse sich erweitern, theils auch die einzelnen Elemente je nach ihrer Widerstandsfähigkeit verschieden angegriffen werden. Deshalb sieht man denn auch oft in geschichteten Gesteinen die Petrefacten, in krystallinischen Formen die einzelnen Krystalle schärfer auf der Oberfläche hervortreten, ja selbst erst durch die Verwitterung sichtbar werden. Die innere Structur wird ebenfalls häufig auf diese Weise zur Anschauung gebracht. Ist die Verwitterung mit einer Wegführung der Sand- und Grusmassen in grossem Maassstabe verbunden, so findet man häufig nur einzelne Blöcke und Trümmer, die oft sonderbare Haufwerke bilden. Die sogenannten Felsenmeere oder Teufelsmühlen, die man besonders auf granitischen Kuppen so häufig findet, sind einzig das Resultat einer solchen tief eingreifenden Verwitterung, die nur noch einzelne festere Knoten der Massen übrig gelassen hat.

In unserm Klima trägt der häufige Wechsel zwischen Frost §. 288
und Hitze dadurch wesentlich zur Zerstörung der Felsmassen bei, dass das in den Spalten und Ritzen angesammelte Wasser sich beim Gefrieren ausdehnt, die Ritzen wie ein Keil auseinander treibt und dadurch den Zusammenhang der ganzen Masse lockert. Man bemerkt deshalb in Berggegenden, besonders im Frühjahr beim Aufthauen, oft sehr bedeutende Felsstürze, die

noch dadurch erleichtert werden, dass oft festere Gesteine auf leicht wegführbaren Schichten, Sand, Mergel u. s. w., aufruhen, die dann bei der Wassergrösse im Frühjahre weggeschwemmt werden und so den Sturz oder das Gleiten der auflagernden Gebirgsschichten mit sich führen.

§. 289. Auf den Oberflächen der Gesteine bemerkt man verschiedene Abnutzungen, die besondere Namen erhalten haben.

Fig. 450.



Karrenfeld auf der Silberen im Canton Schwyz.

Karren nennt man in den Alpen senkrecht der Falllinie nach gefurchte Kalkflächen, auf welchen sich mehr oder minder gewundene hohle Rinnen zeigen, deren Tiefe ausserordentlich wechselt, zuweilen aber selbst bis zu mehren Klaftern Tiefe sich erstreckt. Die Zwischenräume zwischen diesen Hohlkehlen und gewundenen Rinnen sind zuweilen einen und mehre Fuss breit, oft aber auch so schmal, dass sie nur scharfe Rücken oder Kämme bilden, welche dem Bergwanderer die grössten Schwierigkeiten entgegensetzen. Es finden sich diese Furchen an vielen Stellen der Alpen, und zwar in der Regel nur auf Kalkfelsen von eigenthümlicher Structur. Man hat sie indess in neuester Zeit auch in krystallinischen, primitiven Felsmassen, namentlich auf Granit und Gneiss, entdeckt. Ihre Entstehung beruht augenscheinlich auf der Einwirkung des Regen- und Schneewassers auf die nackten Felswände. Diese bieten auf ihrer Oberfläche geringe unbedeutende Abwechselungen von Löslichkeit dar. Das abfliessende Wasser gräbt sich allmälig eine Rinne, vertieft diese nach und nach, bis endlich jene

Riefen, Gräben und Furchen entstehen, die man wesentlich mit dem Namen Karren bezeichnet.

Ganz in ähnlicher Weise schleift auch das Wasser an Seen und an dem Meere durch die Wellen- und Fluthbewegungen die Gesteine aus, und hinterlässt tiefe gewundene Furchen, deren Ränder indess leicht abgerundet und abgeschliffen sind, da das Wasser den Felsengrund als zusammenhängende Masse überdeckt. Diese Wasserschliffe haben in Folge der ungleichen Auflöslichkeit, welche die verschiedenen Elemente der Steine darbieten, eine matte Politur, die sie ebenso von den Gletscherschliffen unterscheidet, wie die vorstehenden härteren Theile, die dem Angriffe des Wassers besser widerstehen. Die gewundenen Furchen, die Karren und die Riesentöpfe, rundliche Aushöhlungen, welche durch das Umwirbeln von Rollsteinen in Wasserfällen und Stromschnellen entstehen, machen die alten Wasserschliffe stets leicht kenntlich.

Oben wurden die durch das Wasser bedingten Neubildungen §. 290
besprochen; hier ist es am Orte, der Effecte zu gedenken, welche fliessende Gewässer hervorbringen. Jeder Strom hat in der Länge seines Laufes verschiedene Momente entgegengesetzter Wirkung; an dem einen Orte gräbt er sein Bett aus, sobald die Stosskraft, welche er ausübt, grösser ist, als die Cohäsion des Gesteines, welches sein Bett bildet; an dem andern Orte setzt er im Gegentheil Gerölle ab, sobald die Bewegungskraft geringer ist als der Widerstand der Geschiebe. Eine jede Vergrösserung der Wassermasse durch anhaltenden Regen oder sonstigen Zuschuss muss, indem sie die Bewegungsquantität erhöht, der Erosion Vorschub leisten, und aus diesem Grunde erklären sich die Zerstörungen, welche sich meist nach Ueberschwemmungen in den Flussbetten finden. Die Art der Zerstörung selbst ist ausserordentlich verschieden, je nach der Structur der Thalwände; bestehen diese, wie so häufig, aus lockeren Materialien, beweglichen Geröllen und Kiesablagerungen, so bedingt der Strom, indem er am Grunde des Bettes sich einfrisst, das Nachstürzen der umgebenden Schuttmassen, welche je nach der Festigkeit des Cämentes, das sie zusammenhält, mehr oder minder steile Böschungen nach dem Strome hin bildet. Sind diese Conglomerate und Kiesablagerungen, welche der Strom durchschneidet, fest mit einander verkittet, so werden die Gefälle ungemein steil, ja selbst senkrecht, was indess nicht verhindert, dass die Erosion in bedeutender Schnelligkeit vorangeht und die Tiefe des Strombettes in beträchtlichem Maasse zunimmt. Erosionen dieser

Art sind an vielen Orten, wo man die Länge ihrer Zeit bestimmen konnte, in ausgedehntem Maasse nachgewiesen; an anderen schreitet die erste Entstehung derselben weit in vorhistorische Zeit zurück. Meistens sind die Flussthäler der Gebirge ursprüngliche Risse, welche durch die Erosion oft in bedeutendem Maasse ausgeweitet wurden; in anderen Fällen aber scheint sogar das Thal durch die Stosskraft des Wassers allein gebildet zu sein.

Eines der schönsten Beispiele einer solchen Erosion zeigt die Umgegend von Bellegarde (Departement de l'Ain), wo der Durchbruch der Rhone durch den südlichen Jura stattfindet. Der Boden des Rhonethales zwischen Seyssel und Bellegarde, sowie des Thales der Valserine, welches das von Nord nach Süd laufende Rhonethal nach Norden bis Chatillon de Michaille fortsetzt, ist von dem oberen Néocomien (Rudistenkalk, Urgonien) gebildet, einem weissen, blätterigen, krystallinischen Kalke, dessen festere Bänke mit sandigen und mergeligen Schichten abwechseln. In diesen Kalk haben nun die Rhone wie die Valserine (Fig. 451.) ihr Bett eingeschnitten, dann aber unterwaschen

Fig. 451.



Zusammenfluss der Rhone und Valserine unterhalb Bellegarde.
a Rhone. *b* Valserine. *c* Stadt Bellegarde.

durch die Ausspülung der mergeligen Schichten, bis sie endlich, ihrer Unterlage beraubt, einstürzen. So wurden dann schmale Thäler gebildet, zu deren Seiten sich senkrechte Mauern erstrecken, an denen die festeren Schichten wie horizontale Gesimse sich hinziehen. In der Tiefe dieser Thalschluchten rauscht der Fluss in eng eingeschnittenem Bette; der Boden der Thalschlucht wird stets von einer festeren Schicht gebildet, die oft noch durch unterwaschene Brücken zusammenhängt, und unter welchen man zu beiden Seiten die Wasser in den ausgewaschenen mergeligen Schichten rauschen hört.

Die Wasserfälle üben durch die ungeheure Stosskraft, §. 291
welche sie besitzen, eine äusserst zerstörende Wirkung auf die Felsufer aus, die hauptsächlich darin besteht, dass der Wasserfall selbst stets mehr und mehr thalaufwärts nach dem Ursprunge des Stromes hinrückt. Es lässt sich diese Wirkung der Wasserfälle leicht erklären, wenn man bedenkt, dass die Wirkung der Erosion hauptsächlich an dem Punkte sehr mächtig ist, wo die Wassermasse auffällt, dass mithin dort eine kesselförmige Vertiefung gebildet wird, die sich mehr und mehr erweitert und namentlich gegen die Felswand hin sich ausbreitet, indem hier dem wirbelnden Wasser durch den herabstürzenden Strom selbst der Abfluss versperrt ist. An der ganzen verticalen Felswand, über welche der Strom hinabstürzt, ist die Erosion um so unbedeutender, als die Geschwindigkeit des Stromes diesen in bedeutenderem Bogen vorwärts schiessen lässt. Die Schwelle selbst aber, über welche der Strom sich hingiesst, wird in Folge der durch den Fall beschleunigten Geschwindigkeit bedeutender angegriffen. Die Felswand, über welche hin sich ein Wasserfall ergiesst, wird demnach zugleich oben, am bedeutendsten aber in der Tiefe des Kessels angenagt, und eine Folge dieser Wirkung ist, dass die Felswände, allmälig unterwühlt, während sie zugleich von oben eingeschnitten werden, in sich zusammenstürzen, und somit der Wasserfall nach hinten zurückweicht. Die Wasserfälle des Niagara und viele andere bilden Belege für diese rückschreitende Erosion der Wasserfälle.

Die Aushöhlungen und Terrassen, welche die Ströme in Folge ihres mittleren Wasserstandes zurücklassen, können besonders zur Bestimmung älterer Ausdehnung derselben dienen.

Die Erosionen an den Küsten der Meere erscheinen §. 29[illegible]
ihrer Masse nach unendlich viel bedeutender, als diejenigen durch die strömenden Gewässer des Festlandes, und sicherlich sind die Anschwemmungen, welche die Flüsse von dem Fest-

lande aus in das Meer führen, nur höchst gering im Verhältniss zu der Masse von abgeriebenem Gesteine, welches durch den Wellenschlag und die Brandung losgerissen und auf den Boden des Meeres zu neuer Schichtbildung geführt wird. Die Structur der Küsten, sowie die Verhältnisse von Ebbe und Fluth, und ferner die Aussetzung der Küsten den herrschenden Winden gegenüber, bedingen hier die mannigfaltigsten Abänderungen. Meere ohne Ebbe und Fluth, wie das Mittelmeer, haben eine weit geringere Wirkung auf ihre Ufer, als solche, wo durch die Ebbe und Fluth eine mehre Fuss mächtige Lage in verticaler Richtung der abwechselnden Einwirkung der Brandung ausgesetzt wird.

Die Festigkeit des Gesteines kommt hier zuerst in Betracht. Weiche Gesteine, wie Thon, Kreide u. s. w., werden in viel grösserer Masse weggeführt als compacte oder derbe krystallinische Gesteine. So sieht man denn oft, dass Gänge von Trapp- oder Grünsteinen, welche weiche Thone und Schiefer durchbrochen haben, als Wälle und einzelne Klippen in dem Meere stehen bleiben, während das weichere Gestein zerstört worden ist.

Oft hängt auch die Ausfressung durch die Wogen nur von unbedeutenden Structurveränderungen im Inneren der Masse ab, so dass dann die Küste verschiedene Einfressungen zeigt, welche durch härtere Abtheilungen von einander getrennt sind, und die meist das Ansehen gewundener Rinnen haben, welche dem Abhange des Ufers nach gegen das Wasser sich hinziehen.

Die Schichtenstellung übt einen nicht minder bedeutenden Einfluss aus. Schichten, welche so geneigt sind, dass die Brandungswogen an ihrer geneigten Fläche hinaufsteigen müssen, werden am wenigsten von den Wellen abgenutzt werden, horizontale Schichten dagegen oder solche, die schwach gegen das Land einfallen, dem Wasser den geringsten Widerstand entgegensetzen. Die den Wogen zugänglichen Schichtenköpfe werden nämlich nach und nach abgenutzt und die Küste so unterwaschen, dass sie das in Fig. 452 dargestellte Profil bekommt. Begreiflicher Weise muss endlich ein Punkt eintreten, wo das Gewicht der überhängenden Massen ihre Cohäsion überwiegt und diese dann herabstürzen. Die Insel Helgoland wird auf diese Weise beständig von der Meeresbrandung benagt, so dass ihr Umfang fast sichtlich kleiner wird. Gewöhnlich bildet indessen dies Nachstürzen der überhängenden Massen eine Art von Schutzwall für die Küste, wie dies in Fig. 453 dargestellt ist. Die

unterwaschenen Thonschichten *b* sind hier durch die Anhäufung der von den Sandsteinschichten *a* herabgefallenen Blöcke *c*

Fig. 452.



vor dem unmittelbaren Andrange der Wogen geschützt. Aehnliches beobachtet man an den Kreideklippen der Küsten Eng-

Fig. 453.



lands, Frankreichs, Dänemarks und der Insel Rügen. Die senkrecht abgeschnittenen Kreidewände enthalten Lager von Kieselsteinen und härteren Concretionen, welche durch die Auswaschung der Kreide herabgefallen sind und nun am Fusse der Klippe den Wall bilden, der vor weiterer Abnutzung schützt. Heftige Sturmfluthen, welche Massen von mehr als 100 Centner Schwere fortbewegen können, reissen indess häufig solche Brandungsdämme ein, worauf dann die nagende Action der Wogen sich aufs Neue fortsetzt.

Die Auswaschung in dieser Art bewirkt oft an den Küsten die mannigfaltigsten Veränderungen. Durch die Auswaschung der unterliegenden Schichten stürzen häufig ganze Abtheilungen der daraufliegenden Küstenstriche in sich zusammen, wodurch

dann an den Küstenklippen selbst die mannigfaltigsten Verwerfungen hervortreten, die man ohne die Kenntniss dieser Ursache für Resultate von Hebungen erklären konnte.

Ganze Schichtenmassen werden auf diese Weise nach und nach vertilgt und zu neuer Schichtbildung in das Meer verführt. Anfangs bleiben einzelne Landzungen oder Inselchen als vorgeschobene Posten stehen, die indess bei der fortdauernden Wogenwirkung nach und nach verschwinden. Zuweilen geben nur einzelne zahnartige Klippen noch Zeugniss von der Existenz anderer Schichten, die an gewissen von dem Meere jetzt überwogten Stellen noch übrig geblieben sind.

§. 293. Das Endresultat aller dieser zerstörenden Einwirkungen oder der gesammten Degradation auf die Erdoberfläche ist die Reduction der festen Massen, welche die Continente bilden, zu losen Geschieben und wegführbaren Theilen, die von dem Wasser allmälig abgespült und nach den Sammelbecken, besonders dem Meere, hingeführt werden. In diesem bauen sich so aus den Trümmern des vorher Festgewesenen wieder neue Schichten auf. — Dasselbe Verhältniss begegnet uns in den älteren geologischen Formationen. Bei vielen Gebilden, welche nur mechanische Umänderung erlitten haben, wie bei den Nagelfluhen, Conglomeraten etc., können wir nachweisen, aus welchen älteren Gesteinen dieselben durch Degradation und spätere Umgestaltung hervorgingen; bei anderen noch feiner zertheilten Massen, besonders Sandsteinen und Thonen, lässt sich meist nur vermuthen, aus welchen Gesteinen sie herstammen; bei den meisten Kalkgesteinen endlich hat chemische Umbildung und Zersetzung mittelst des organischen Lebens gewirkt, und in solchen Fällen ist es dann meist unmöglich, auf das Muttergestein zu schliessen, aus dessen Zerstörung die neue Schicht hervorging.

Die ungeschichteten Gesteine.

---

1. Die vulcanischen Ausbrüche.

Man kann im Allgemeinen die Vulcanicität als die Reaction §. 294.
definiren, welche der innere flüssige Kern unserer Planeten auf dessen äussere Rinde und Oberfläche ausübt. Einen Vulcan nennen wir einen jeden Canal, welcher eine fortdauernde Communication mit den feuerflüssigen Massen des Erdinnern darbietet, und der diese Communication durch Ausbrüche kund giebt. Wir kennen nach oberflächlicher Schätzung etwa 300 in historischer Zeit thätige Vulcane auf der Erdoberfläche, und zwar scheinen dieselben wesentlich nach zwei verschiedenen Systemen gruppirt. Der Mittelpunkt der Centralvulcane wird von einem beständigen Vulcane gebildet, um welchen herum secundäre Ausbrüche entstehen können, die aber stets in Beziehung zu dem Hauptvulcane stehen. Sie sind meistens Trachyte, die eine basaltische Umgebung durchbrochen haben, und sind, wenn auch nahe nebeneinander gelegen, doch unabhängig in ihrer Thätigkeit. Man bezeichnet, nach Leopold v. Buch, als Centralvulcane: 1 Die liparischen Inseln mit dem fortwährend thätigen Stromboli als Mittelpunkt. 2. Den Aetna. 3. Den Vesuv mit den phlegräischen Feldern. 4. Island. 5. Die Azoren mit dem Pic von Pico als Mittelpunkt. 6. Die canarischen Inseln mit dem Pic de Teyde. 7. Die Inseln des Cap Vert mit der Montagna di Fuego. 8. Die Gallopagos-Inseln. 9. Die Sandwich-Inseln mit dem Mouna Roa, der beinahe 13000 Fuss hoch unmittelbar aus dem Meere aufsteigt. 10. Die Marqqesas-Inseln. 11. Die Gesellschafts-Inseln. 12. Die Freundschafts-Inseln. 13. Die Insel Bourbon. 14. Den Ararat und den Elbruz im armenischen Hochlande.

Die Reihen-Vulcane unterscheiden sich dadurch von den Centralvulcanen, dass sie wie Schmiedeessen auf Spalten aufgestellt sind, welche sich zuweilen auf bedeutende Erstreckungen der Erdoberfläche hinziehen; 20, 30 und mehr solcher vulcanischer Kegel erheben sich über einer solchen Spalte der Erdkruste, deren Richtung sie durch ihre lineare Aneinanderreihung andeuten. Zuweilen befinden sich diese Spalten auf dem Rücken hoher, gewölbartig emporgetriebener Bergketten, wie z. B. auf den Anden Südamerikas, wo die glockenförmigen Gipfel auf einer gemeinsamen Basis ruhen. In anderen Fällen zeigen sich die Reihenvulcane als längsgereihte Inselgruppen, deren Richtung dem Streichen einer Bergkette auf dem benachbarten Festlande entspricht; in diesen Fällen scheinen die Reihenvulcane Spalten anzudeuten, welche nicht auf dem Rücken, sondern an dem Fusse dieser Bergketten sich hinziehen. Leopold v. Buch hat bis jetzt folgende Gruppen von Reihenvulcanen aufgestellt: 1. Die Reihe der griechischen Inseln, welche eine schmale Bande darstellen, die von dem Vorgebirge Methone und der Insel Paros über Milo nach Santorin sich hinzieht. 2. Eine Reihe von Vulcanen, welche längs der Küsten von Westaustralien sich erstreckt. 3. Die Reihe der Sundavulcane, welche in Hinsicht ihrer Producte, sowie der Heftigkeit ihrer Ausbrüche die merkwürdigsten Vulcane der Erdoberfläche in sich begreift. 4. Die Reihe der Molucken und Philippinen, welche mit der Sundareihe und der australischen Reihe sich in einen Knoten vereinigt, den man gleichsam als Mittelpunkt eines dreistrahligen Spaltensternes ansehen könnte. 5. Die Reihe der japanischen Inseln, welche sich in die Kurilen und die Halbinsel Kamtschatka fortsetzen. 6. Die Reihe der Aleuten. 7. Die Marianen-Inseln. 8. Die Reihe der Vulcane von Chili. 9. Die Doppelreihe der Gipfel bei Quito. Es erscheint diese Doppelreihe in Form von zwei gewaltigen Höhenrücken, die über das Hochplateau der Thäler von Quito und Riobamba sich erheben. 10. Die Reihe der Antillen. 11. Die Reihe von Guatimala. 12. Die Reihe der Vulcane von Mexico.

§. 295. Die Oeffnungen der vulcanischen Kamine befinden sich fast immer auf dem Gipfel eines mehr oder minder isolirten kegelförmigen Berges, wo sie eine trichterförmige Oeffnung, den sogenannten Krater, bilden, welcher sich nach unten hin in das Kamin fortsetzt. Der Krater selbst hat gewöhnlich eine kreisrunde Gestalt; — der ihn tragende Kegel, der grossentheils aus aufgeschütteten Materialien zusammengesetzt ist und deshalb der Aschenkegel genannt wird, bietet bei den verschiedenen Vul-

canen sehr wechselnde Verhältnisse dar. Die Höhe des Aschenkegels sowie der Durchmesser des Kraters stehen durchaus in keinem Verhältnisse mit den Dimensionen des Vulcanes überhaupt. Es giebt Vulcane, die nur aus Aschenkegeln bestehen, und andere, bei denen der Krater mit dem Kegel nur sehr geringe Dimensionen, trotz der bedeutenden Höhe des Berges, zeigt.

Die Häufigkeit und Intensität der Ausbrüche ist durchaus §. 296. nicht an die Dimensionen des Berges gebunden; doch bemerkt man im Allgemeinen, dass eine Eruption um so bedeutender ist, eine je längere Periode der Ruhe vorherging, in welcher der Schlund sich verstopfen konnte, und dass die Vulcane, je höher sie sind, auch um so seltnere und deshalb heftigere Eruptionen zeigen. Diejenigen Eruptionen, durch welche an bisher undurchbrochener Stelle ein neuer Vulcan gebildet wird, sind gewöhnlich die heftigsten.

Der Ausbruch wird gewöhnlich durch unterirdisches §. 297. Getöse verkündigt, welches mit Erdstössen, Erschütterungen des Bodens und zuweilen selbst förmlichem Erdbeben verknüpft ist. Das unterirdische Getöse selbst kommt unbezweifelt aus ungemeiner Tiefe und wird deshalb in einem mehr oder minder bedeutenden Umkreise ganz so gehört, als wenn es in grösster Nähe stattfände. Meistens tönt es wie heftiges Artillerie- oder Musketenfeuer, und zuweilen ist es dem Kanonendonner so täuschend ähnlich, dass man in Südamerika Beispiele kennt, wo man sich rüstete, um den nahenden Feind zu empfangen. In anderen Fällen ist es ein dumpfes Rollen, wie unterirdischer Donner, zuweilen selbst ein helles Klingen, wie wenn grosse Glasmassen im Innern der Erde zerschlagen würden; öfters bestehen diese Getöse und unterirdischen Donner durchaus ohne Erschütterungen; zu anderen Malen aber zeigt sich das Getöse offenbar in Gefolge der Erdstösse, wie wenn durch diese letzteren unterirdische Klüfte erweitert würden und das Fallen der losgesprengten Trümmer das Getöse verursachte.

Das Erzittern des Bodens, welches allen vulcanischen §. 298. Eruptionen vorausgeht, ist bald mehr bald minder beschränkt, und zeigt oft so ungeheure Verbreitungsbezirke, dass man bei oberflächlicher Betrachtung kaum an seine unmittelbare Verbindung mit der Eruption denken kann, da diese im Vergleich zu dem Erdbeben doch nur eine äusserst beschränkte Kraftäusserung zeigt. Bei dem Erdbeben selbst hat man drei verschiedene Arten von Bewegungen unterschieden: die wellenförmige Be-

wegung, in welcher der Stoss nach einer bestimmten Richtung wellenförmig sich fortpflanzt; die aufstossende Bewegung, und endlich die rotatorische oder wirbelnde Bewegung, welche die zerstörendste Wirkung hervorbringt und von allen Zeugen grosser Erdbeben angegeben wird.

Oft kommen Erdbeben in Gegenden vor, die weit von thätigen Vulcanen entfernt sind. Nichtsdestoweniger ist der Zusammenhang vieler, auch entfernter Erdbeben mit vulcanischen Ausbrüchen wohl ziemlich sichergestellt, wenn auch in anderen, nicht minder häufigen Fällen die Erschütterungen des Bodens von anderen Ursachen, namentlich von dem Senken in der Tiefe unterhöhlter Massen, herrühren können. So ist es wenigstens wahrscheinlich gemacht, dass in vielen vulcanlosen Gegenden, namentlich der Schweiz, Erdbeben durch die unterirdische Auswaschung löslicher Gyps- und Salzschichten erzeugt werden, indem durch diese Auswaschung die auflagernden Schichten ihrer Unterstützung beraubt werden und nachstürzen. Erdbeben solcher Gegenden, die thätige Vulcane besitzen, weisen indess durch ihre grosse Ausdehnung häufig darauf hin, dass die Kraft in einer bedeutenden Tiefe ihre Wirkungen äussert. Die Vulcane sind gewissermaassen die Ventilöffnungen für diese Kraft, und eine mächtige Eruption bildet den Schluss einer mehr oder minder langen Periode von Erderschütterungen. Die Erdbeben von Riobamba, Lissabon, Caràcas stehen auf diese Weise, wie sicher constatirt scheint, mit furchtbaren Ausbrüchen, zum Theil neuer Vulcane, im Zusammenhang.

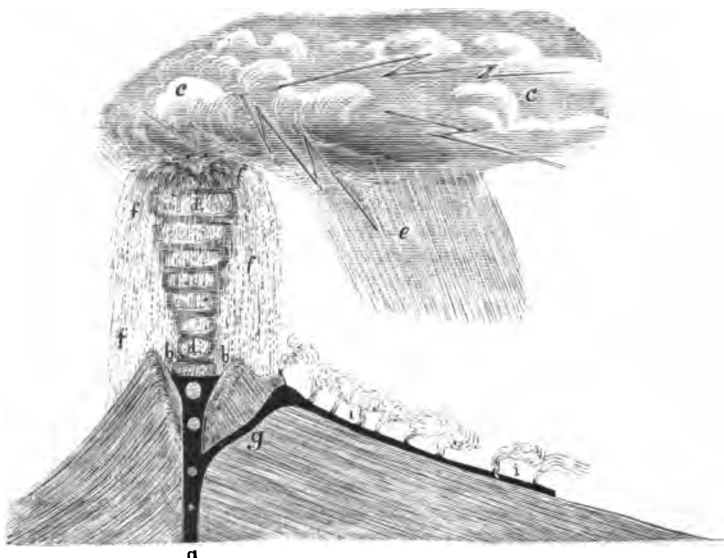
§. 299. Die Vorboten der Erdbeben sind ausserordentlich unsicher und unter denjenigen Erscheinungen, welche man als solche Vorboten hat wollen geltend machen, beruhen die meisten darauf, dass Thiere z. B. einige leise Erschütterungen schon spüren, die dem Menschen unbemerkt vorübergehen. Die Dauer der Stösse ist meistens sehr gering, nur wenige Secunden; sie wiederholen sich aber oft Monate lang in derselben Gegend. Die Erschütterungskreise haben meistens eine elliptische Form und einen sehr verschiedenen Flächeninhalt. Gewöhnlich kann man einen mehr oder minder grossen Mittelpunkt nachweisen, einen centralen Erschütterungskreis, von welchem aus die Wirkungen des Erdbebens strahlenförmig abnehmen. Die Dimensionen der Erschütterungskreise sind äusserst verschieden. Derjenige von Lissabon verbreitete sich über 700,000 geographische Quadratmeilen. Das Erdbeben der Rheingegenden am 29. Juli 1846 zeigte einen Erschütterungskreis von 70 geographischen Meilen und der Stoss

durchlief in einer Secunde 1376 Pariser Fuss. Oft wird die Ausbreitung der Erschütterungskreise der Fläche noch durch das Streichen der Gebirgslinien modificirt. Die Wirkungen der Erdbeben auf den Boden bestehen meistens in grossen Spalten, trichterförmigen Löchern und oft auch in Hebungen und Senkungen einzelner Striche, die sich bleibend erhalten können.

Der vulcanische Ausbruch selbst beginnt in der Regel §. 300. mit einem heftigen Stosse, welcher das Innere des Berges erzittern macht. Das Aufsteigen feurigglühender Massen und heisser Dämpfe verkündet sich an den höheren Vulcanen durch das Schmelzen des Schnees auf den Wänden des Aschenkegels. Mit dem heftigern Stosse, welcher die Ueberwindung des letzten Widerstandes anzeigt, bricht eine ungeheure Masse von Gasen und namentlich von Wasserdämpfen aus dem Schlund des Kraters hervor. Die Aschen- und Steinmassen, welche diesen erfüllten, werden durch die plötzlich entwickelte Kraft der elastischen Dämpfe in die Höhe geschleudert. Die geschmolzenen Lavamassen zeigen sich nun in dem Krater, bis zu einer gewissen Höhe ansteigend, mit ihrer freien, in glühendem Roth leuchtenden Oberfläche. Der Wasserdampf entwickelt sich durch diese flüssige glühende Masse hindurch in grossen runden Blasen, die über dem Vulcan in die Höhe wirbeln und sich um so mehr ausdehnen, je höher sie in die Atmosphäre aufsteigen. Das Anschwellen dieser kugelförmigen Dampfmassen (*d*, Fig. 454 a. f. S.), welche aus dem Krater in abgemessenen Zwischenräumen hervorwirbeln, ist ohne Zweifel bedingt durch die Mengung des Wasserdampfes mit der atmosphärischen Luft. Im Aufsteigen platten sich diese kugelförmigen Massen ab, schieben sich über einander und bilden so eine geballte Wolke (*c*, Fig. 454) von blendend weisser Farbe, welche in der Richtung des Windes sich ausdehnt und schon von dem jüngeren Plinius sehr treffend mit dem ausgebreiteten Gipfel einer Pinie verglichen wurde. Die mehr oder minder langgestreckte Gestalt dieser Wolke sowie ihre seitliche Ausdehnung hängt hauptsächlich von der Stärke des Windes ab, der in den oberen Luftregionen herrscht. Im Allgemeinen ist die Wolke blendend weiss, zuweilen aber grau und selbst schwarz, je nach der Menge von Asche, welche dem Wasserdampfe beigemengt ist. Bei einigen Ausbrüchen hat man bemerkt, dass die zu Boden sich senkende Wolke einen deutlichen Geruch nach Salzsäure, schwefeliger Säure oder Schwefelsäure darbot, und öfters hat man diese Säuren dem der Wolke entströmenden Regenwasser beigemengt gefunden.

Die geballte Dampfwolke, welche sich in der beschriebenen Weise über dem Vulcane erhebt, ist der Sitz der bedeutendsten

Fig. 454.



Idealer Durchschnitt eines Vulcans während der Eruption.

a Der Schlot, mit Lava erfüllt. *b* Der Krater. *c* Die vulcanische Wolke. *d* Die Dampfsphäroide, welche die Wolke bilden. *e* Der Regen, welcher der Wolke entströmt. *f* Die Schlackengarbe. *g* Seitenspalte, durch welche die Lava ihren Ausweg findet. *i* Lavastrom mit den Dampfwolken und Fumarolen, die aus seinen Spalten sich entbinden.

elektrischen Erscheinungen; — beständige Blitze und immerwährender Donner sind von dem heftigsten Gewitterregen begleitet, welcher wolkenbruchartig herabstürzt und oft weit bedeutenderen Schaden in der Umgebung der Vulcane anrichtet, als die von dem Berge ausgespieenen Aschen- und Schlammmassen. An den Abhängen der meisten Vulcane zeigen sich tiefe Runsen und Gräben, welche von diesen verheerenden Gewitterregen eingegraben wurden, und viele sogenannte Ausbrüche von Schlamm und Wasser sind in der Art zu erklären, dass der Gewitterregen lose Asche, Schlacken und Gerölle wegschwemmte und in das bewohnte Land hinabriss.

Die Entbindung des Wasserdampfes, der besonders die hebende Kraft der Lava darstellt, dauert auch nach den Ausbrüchen noch lange fort, und gewöhnlich findet man einzelne Spalten, sogenannte Fumarolen, aus welchen er hervorbricht, um die Wolke zu bilden, welche auch im ruhenden Zustande meist über den Vulcanen schwebt. Man hat in diesen Fumarolen ausser dem Wasserdampf noch Stickstoff, Sauerstoff, Kohlensäure, schwefelige Säure und Salzsäure in sehr wechselnden Verhältnissen nachgewiesen, und bemerkt, dass die einzelnen Vulcane und selbst die einzelnen Ausbrüche in Hinsicht der gasförmigen Beimischungen grosse Verschiedenheiten zeigen.

Wenden wir nun unsere Aufmerksamkeit zurück auf die Er- §. 301.
scheinungen, welche in dem Krater des Vulcanes selbst während der Eruption sich zeigen, so sehen wir die flüssige, im Innern des Kraters glühende Lava in einem beständigen Auf- und Abwogen. Die Lava schwillt hellglänzend, wie rothglühendes Eisen im Krater auf, platzt mit einem puffenden Geräusche und lässt eine dicke weisse Dampfwolke austreten, die glühende Lavafetzen mit sich reisst, wobei die Lavasäule selbst zurücksinkt. Auf Stromboli kann man dieses abwechselnde Spiel der Lava im Krater wie in einem Pumpenwerke beobachten. Zuweilen wird seine Gleichförmigkeit durch heftige Gasausbrüche unterbrochen. Im Krater Kirauea auf Hawai sind glühende Lavaseen von 500 Meter Durchmesser, die auf diese Weise beständig auf- und niederwogen, eine förmliche Brandung an den Kraterwänden erzeugen und von Zeit zu Zeit aufkochen und glühende Massen emporschleudern. Die Erklärung dieser Erscheinung giebt sich von selbst. Die einzelnen Dampfblasen dringen durch die glühende Masse nach oben, heben dieselbe in die Höhe und platzen endlich auf der Oberfläche mit bedeutender Kraftentwickelung. Die theilweise erkaltete und verschlackte Oberfläche der Lava wird auf diese Weise in die Höhe geschleudert und die einzelnen Fragmente wie bei dem Platzen einer Bombe nach allen Seiten hin zersprengt. Es hängt von dem Grade der Flüssigkeit der Lava ab, welchen Widerstand dieselbe den sie emporschleudernden Dampfmassen entgegenstellt, und hierdurch sowie durch die Beschaffenheit der Lava selbst wird dann auch die Grösse der Fragmente bedingt, in welche sich die emporgeschnellte Decke theilt. Die meisten Fragmente, in gerader Linie in die Höhe geschleudert, fallen wieder senkrecht in den Kessel des Kraters zurück, viele stürzen auf den Rand der Krateröffnung und schütten so den Auswurfskegel immer mehr und mehr auf.

Die leichteren Stücke von kleineren Dimensionen (sogenannte Rapilli), sowie die feine Asche werden von dem aufwirbelnden Dampfe mitgerissen und oft über ungeheure weite Strecken hinweggeführt. Die Quantität der Materialien, welche oft in dieser Weise, besonders in Form von Rapillis, feinen Schlacken und ungemein zertheilter Asche ausgespieen werden, grenzt an das Unglaubliche. Man kennt Beispiele solcher Ausbrüche, wo die Asche bis über 300 Seemeilen weit fortgeführt wurde, und in einer Entfernung von 100 Seemeilen vom Vulcane so dicht fiel, dass der Tag verfinstert wurde. Man hat berechnet, dass der Vesuv bei dem Ausbruche von 1839, der gar nicht zu den bedeutendsten gehörte, 58 Millionen Kubikfuss solcher Asche auswarf.

Die bei dem Platzen der Dampfmassen in die Höhe geschleuderten Schlacken bilden eine Garbe glühender Massen über dem Krater, welche der pinienförmigen Ausdehnung der Wolke gleichsam als Stamm dient. Jede platzende Dampfblase schleudert die verschlackte Lavadecke in die Luft und entblösst so die lebhaft glühende Oberfläche, deren rothes Licht auf den Dampfwolken und der emporgeschleuderten Schlackengarbe wiederstrahlt. Man glaubt deshalb bei ungenügender Beobachtung Flammenausbrüche zu sehen, welche durch die Schlackengarbe emporlodern, und in der That sprechen auch alle älteren Beobachter von Feuergarben und brennenden Flammen, welche aus dem Krater des Vulcans emporschossen. Neuere Beobachter, welche auf die Ursache der Erscheinung aufmerksam waren, haben bei den Ausbrüchen selbst keine oder doch nur sehr spärliche und unbedeutende Flammen beobachtet. Die hohe senkrechte Feuergarbe entsteht vielmehr aus dem Reflex der glühenden Massen, welche durch die Explosion der Wasserdämpfe entblösst werden. Die Richtigkeit dieser Ansicht beweist sich schon dadurch, dass die Feuergarbe selbst bei dem heftigsten Winde, der Asche und Schlacken vor sich her auf die Seite treibt, unbewegt und senkrecht über dem Krater stehen bleibt, während sie, wenn sie von Flammen gebildet wäre, offenbar dem Winde entsprechend hin und her gebogen würde.

Durch die Aufschüttung der losen Aschen- und Schlackenmassen in der Umgegend der Ausbruchsstelle bilden sich sowohl die Hauptaschenkegel der vulcanischen Krater, als auch die kleinen parasitischen Aschenkegel, welche auf den Gehängen der Vulcane sich überall zeigen, wo ein seitlicher Ausbruch stattgefunden hat. Bei der Bildung der Spalten, durch welche die Lava nach den Seiten hin ihren Ausweg nimmt, sowie bei dem

Durchbruche des Hauptkraters werden die Lippen der Spalten oder trichterförmigen Oeffnungen gehoben und in der Mitte durchrissen, und auf diesem erhobenen Boden schütten sich nun die Materialien, die Schlacken, Bimssteine und Aschenmassen auf, welche aus dem Krater in die Höhe geschleudert werden. Schon dadurch, dass diese Massen senkrecht in die Luft abgeschossen werden, muss sich eine konische Form des Aufgeschütteten hervorbilden, indem die grösste Menge der Trümmer wieder senkrecht herabfällt, also auf die Auswurfsöffnung selbst und in deren Umkreis, während weiter hin nur wenige Schlacken fallen und somit die Menge des Aufgeschütteten um so geringer wird, je weiter man sich von der Mündung entfernt. Eben so viel als die genannte Ursache trägt die unzusammenhängende Natur der Schlacken- und Aschenmassen zu der Bildung eines Kegels bei, indem diese beim Fallen ein gewisses Gehänge annehmen, dessen Winkel um so grösser ist, je grösser und eckiger die Fragmente sind. Da diese Fragmente nun von allen Seiten herabfallen, so geschieht es etwa wie mit Sand, den man durch einen Trichter fallen lässt und der sich auf dem Boden wieder kegelförmig aufschichtet. Die Kegel, welche auf diese Weise von den Vulcanen aufgeschüttet werden, haben meist eine etwas unregelmässige elliptische Form, indem die Richtung des Windes bei ihrer Aufschüttung sehr dazu beiträgt, einen bedeutenderen Fall von Materialien nach einer Seite hin zu veranlassen; ihre Gehänge wechseln, je nach der Form und Natur der aufgeschütteten Massen und nach der Art und Höhe des Falles, zwischen 18 bis 40 Grad.

Zuweilen werden einzelne grössere Massen aus der Schlackengarbe hinaus auf bedeutendere Entfernungen geschleudert. Man hat solche Auswürflinge, die oft deutlich gedreht sind, wie dies bei dem Umschwung einer halbflüssigen zähen Masse geschehen muss, vulcanische Bomben genannt und sogar bei einem so kleinen Vulcane, wie der Vesuv, hat man Bomben von 250 Pfund gefunden, und Stücke, die in mehr als 2000 Metern Entfernung von dem Krater auf fast gleicher Höhe, nämlich auf dem Gipfel der Somma niedergefallen waren.

Es wurde schon oben bemerkt, dass die im feurigen Flusse §. 302.
befindliche Lava, welche den Krater und den darunter befindlichen Schlot des Vulcans erfüllt, von den Wasserdämpfen emporgehoben wird. In vielen Fällen hebt die Elasticität des eingeschlossenen Wasserdampfes die Lava so hoch, dass diese über den Rand des Kraters hinwegfliesst und nun einen Strom bil-

det, der sich längs des Aschenkegels hinab ergiesst. Indess findet dies Ueberfliessen der Lava über den Aschenkegel in der Regel nur bei den niedrigen Vulcanen statt; bei den höheren spaltet sich der Berg meist an einer gewissen Stelle in der Nähe seiner Basis, und aus dieser Spalte ergiesst sich dann der Lavastrom. An dem Aufbruchsort einer solchen Seitenspalte (*g*, Fig. 454), aus welcher die Lava tritt, schüttet sich dann meist auf dieselbe Weise ein parasitischer Schlackenkegel auf (*h*, Fig. 454), wie dies an dem Krater der Fall ist. Das Fliessen der Lava selbst bietet je nach der grösseren oder geringeren Flüssigkeit ihrer Masse und nach dem Grade ihrer Erhitzung, sowie nach der Böschung der Abhänge, auf denen sie fliesst, sehr verschiedene Phänomene dar. Die Oberfläche der Lava erkaltet sehr schnell, erhärtet und bietet nun eine vielfach gespaltene Kruste dar, aus welcher noch überall Wasserdämpfe sich entwickeln. Die unter dieser Kruste fortglühende Lava, welche nur äusserst langsam erkaltet, fliesst langsam vorwärts, indem die erhärtete Decke beständig unter dem Drucke der feuerflüssigen Masse zerreisst, und gleich einem Haufen von Blöcken über einander fortgeschoben und vorwärts gewälzt wird. Ein Lavastrom bietet sonach nicht sowohl das Bild einer fliessenden Schlammmasse, als vielmehr dasjenige eines Flusses dar, dessen Oberfläche beim Eisgange von zahllosen Eisblöcken überdeckt ist, auf welchem die Eistrümmer sich über einander schieben und drängen und bei jedem Hindernisse aufstauen, bis das Wasser den von ihnen gebildeten Damm durchbricht und sie von Neuem vorwärts reisst. Alle Beobachter kommen darin überein, das Fliessen der Lavaströme besonders in ihrem unteren Theile mehr als ein stetes Voranwälzen regellos sich anhäufender Trümmer, denn als ein gleichmässiges Fliessen zu schildern.

§. 303. Der hydrostatische Druck, unter welchem sich die Lava befinden muss, lässt sich leicht aus der Höhe berechnen, bis zu welcher sie gehoben wird. Bei den niedrigen Vulcanen fliesst die Lava meist aus dem Krater selbst, je höher aber der Vulcan wird, desto mehr Seiteneruptionen giebt es, wie denn z. B. der Aetna fast nur durch Seitenspalten und selten nur aus dem Krater selbst seine Lavaströme ergossen hat. Die grösste Höhe, bis zu welcher die Lava sich erhoben hat, zeigt der Vulcan Klutschef in Kamtschatka, dessen 4700 Meter über der Meeresfläche erhobener Krater einen Lavastrom ergossen hat. Die höheren Vulcane der Anden haben gar keine Lavaausbrüche geliefert.

Es ist natürlich, dass die Seitenspalten des geborstenen Ber-

ges, aus welchen die Lavaströme hervorgebrochen sind, nach dem Erkalten mit Lavamassen angefüllt sind, welche also Gänge bilden, die durch die aufgeschütteten Schichten quer hindurchbrechen. An allen Vulcanen findet man in den älteren Lava- und Schlackenschichten solche Gänge, welche quer durchbrechen und mit erstarrter Lava erfüllt sind.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Lavaströme sich vorwärts bewegen, muss natürlich einerseits von der Flüssigkeit ihrer Masse, andererseits von der Masse selbst und dem Gefälle abhängen. Man kennt Lavaströme, die in der Stunde etwas mehr wie 1000 Meter zurücklegen, meist aber bleiben sie weit hinter dieser Schnelligkeit zurück, so dass es dem Menschen leicht gelingt, ihnen zu entgehen. Ihre Dimensionen sind sehr verschieden. Der grösste Lavastrom des Aetna hat an einigen Stellen eine Dicke von 100 Fuss, und eine Breite von anderthalb geographischen Meilen; die grösste bekannte Lavamasse, die in historischer Zeit ausgespien wurde, ist diejenige des Skaptar Jökul in Island im Jahr 1783, die zwei Ströme bildet, deren Endpunkte zwanzig Stunden von einander liegen und die hier und da eine Breite von drei Stunden und eine Mächtigkeit von 600 Fuss besitzen.

Eine ganz eigenthümliche Modification der vulcanischen Thä- §. 304.
tigkeit zeigt sich in denjenigen Gegenden, wo **Schlammvulcane** oder **Salsen** existiren. Die meisten dieser Schlammvulcane bilden eine kraterähnliche Vertiefung mit kegelförmig vielfach wechselnden kleinen Erhöhungen darin, welche Schlamm ausspeien, der durch Gase emporgetrieben wird. Die Temperatur ist dabei meistens nicht wesentlich erhöht, der Schlamm ist gewöhnlich graulicher, nach Steinöl riechender, salziger Thon, der in halbflüssigem Zustande ist und ebenso in wechselndem Spiele hervorgetrieben wird, wie die glühende Lava in den eigentlichen Vulcanen. Die Gase, welche diesen flüssigen mit Salz, Gyps, Erdpech, Naphtha, Schwefel, zuweilen selbst Ammoniak und Borsäure geschwängerten Thon emportreiben, sind besonders Kohlenwasserstoffgase und Kohlensäure, die, wie es scheint, aus der Zersetzung der Naphtha selbst hervorgehen und häufig hohe Gasflammen über den Oeffnungen bilden. In Modena, Toscana, sowie bei Parma und Bologna finden sich viele Salsen dieser Art, die aber weit an Bedeutung von dem Macaluba, zwei Stunden von Girgenti in Sicilien, übertroffen werden. In diesen letzteren kommen zuweilen heftige Ausbrüche vor, wo der Boden im Umkreis einiger Stunden erschüttert, und manchmal eine ungeheure

Masse von Schlamm ausgespien wird, wobei dann auch zuweilen sich grössere Hitze entwickelt. Im Jahr 1831 bestand der Macaluba aus einer wenig erhöhten Thonebene von etwa 118 Meter Länge und 40 Meter Breite, auf welcher wohl 30 etwa einen Fuss hohe Schlammkegel standen, deren jeder auf der Spitze eine kleine trichterförmige Vertiefung trug, welche mit brodelndem Salzwasser erfüllt war und zuweilen etwas flüssigen Schlamm überfliessen liess. Die ausgezeichnetsten Salsen finden sich auf beiden Seiten des Isthmus zwischen dem schwarzen und caspischen Meere, wo sie eine bedeutende geologische Thätigkeit entwickelt haben, indem ihre Anhäufungen nach und nach ein neues Land bildeten, Meeresarme ausfüllten, Seen eindämmten, Flüsse und Golfe absperrten. Einige dieser Schlammvulcane hatten ziemlich bedeutende Eruptionen. Auch im übrigen Kleinasien, in den Molukken, in Südamerika, namentlich auf der Insel Trinidad finden sich solche Schlammvulcane von mehr oder minder bedeutender Grösse. Gewöhnlich sind sie mit Erdölquellen, mit Entwickelung von brennbaren Gasen, sogenannten ewigen Feuern, verbunden, die bekanntlich besonders in der Nähe des caspischen Meeres so auffallend sind. An einigen Orten sammelt sich die Naphtha und das Erdpech in grossen Massen, wie denn z. B. auf der Insel Trinidad ein solcher Erdpechsee existirt, der etwa eine Stunde breit ist und eine Decke von Erdpech zeigt, die in der heissen Jahreszeit zwar weich ist, in der kälteren Zeit dagegen eben so gut trägt, als eine Eisdecke, und aus schwarzem, muscheligem, schwerem, fast glanzlosem Erdpeche besteht.

§. 305. Die allmälige Abnahme der vulcanischen Thätigkeit bedingt mancherlei eigenthümliche Erscheinungen, deren wir hier in der Kürze zu gedenken haben. Die erloschenen oder ausgebrannten Vulcane, welche in vielen Ländern sich vorfinden, hatten eine gewisse Eruptionszeit, nach deren Aufhören der Schlot sich allmälig verstopfte und die Communication mit dem Inneren insofern aufhörte, als keine festen oder feuerflüssigen Materien mehr ausgestossen wurden, während im Gegentheile die Auswürfe von Gas, Wasserdampf, sowie die Sublimation gewisser Materien noch lange anhält und fortdauert. Die meisten dieser erloschenen Vulcane bilden sogenannte Solfataren, welche im Wesentlichen aus alten Kratern bestehen, in deren Innerem ein beständiger Absatz von Schwefel fortdauert, welcher aus der Zersetzung des Schwefelwasserstoffgases hervorgeht. Die Solfatare bei Neapel bietet eines der bekanntesten Beispiele eines solchen erloschenen Vulcanes dar; — der Boden des rundlichen

Kraters ist von unzähligen Spalten durchzogen, aus welchen Wasserdämpfe mit Schwefelwasserstoffgas geschwängert sich entbinden; durch den Zutritt der Luft wird das Schwefelwasserstoffgas, wie es scheint, zersetzt, und der reducirte Schwefel an den Wänden der Spalten abgelagert, und zwar in so grosser Menge, dass er mit Vortheil ausgebeutet werden kann. In diesen mit Schwefelwasserstoff beladenen Dämpfen finden zweierlei chemische Processe statt. Einerseits reducirt sich Schwefel, indem der Wasserstoff allein verbrennt — die condensirten Tropfen des Dampfes enthalten stets höchst fein zertheilten Schwefel. Andererseits findet eine langsame Verbrennung statt, wodurch der Schwefelwasserstoff aber nicht wie bei gewöhnlicher Verbrennung mit Flamme, schweflige Säure, sondern im Gegentheile Schwefelsäure bildet. Poröse Körper, durch die der Dampf streicht, begünstigen diese Bildung von Schwefelsäure sehr, weshalb denn auch poröse Kalke in Solfataren stets in Gyps umgewandelt werden. Auf diese Schwefelsäurebildung ist die Alaunfabrik der Solfatara von Puzzuoli bei Neapel gegründet, und überall findet man zerfressene und metamorphosirte Gesteine und kann die Bildung des Gypses Schritt für Schritt in der Umgebung solcher Solfataren verfolgen.

Aehnliche Heerde alter vulcanischer Thätigkeit, die durch sehr mannigfaltige chemische Processe sich auszeichnen, finden sich an vielen Orten. In Armenien und Hochasien gesellt sich zu dem Schwefel Ammoniak, an den Ufern des caspischen Meeres und des Baikalsees strömen Bergöl, Naphtha und brennbare Kohlenwasserstoffgase hervor; in Toscana findet man die Lagonien und Suffionien, aus welchen heisser mit Borsäure und Schwefelwasserstoff geschwängerter Wasserdampf entweicht. An vielen Orten endlich finden sich heisse, den Geysern in Island ähnliche Quellen. Die letzte Phase der vulcanischen Thätigkeit endlich beschränkt sich auf die Entbindung von Gasen, und namentlich von Kohlensäure ohne Temperaturerhöhung. In der Eifel, in Java, bei Neapel sind viele Localitäten dieser Art bekannt, wo niedrigere Thiere ersticken, da sie in dem schweren auf dem Boden liegenden kohlensauren Gase nicht athmen können. Aproximativen Schätzungen zu Folge, liefern diese Heerde abgestorbener vulcanischer Thätigkeit mehr Kohlensäure als das Athmen sämmtlicher Thiere auf der Erde zusammengenommen; und es ist wahrscheinlich, dass diese Kohlensäure durch die Einwirkung erhitzter Stoffe auf kohlensaure Kalkschichten in der Tiefe entsteht. In der That führen fast alle in die Tiefe sickern-

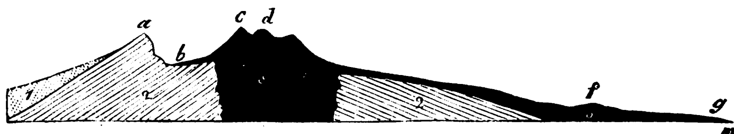
den Gewässer kohlensauren Kalk mit sich, der bei zunehmender Tiefe sich absetzt und die Spalten der Gesteine auskleidet. Grosse Kalkschichten müssen in sehr bedeutender Tiefe der Einwirkung überhitzter, mit Kieselerde gesättigter Gewässer ausgesetzt sein und ohne Zweifel müssen die hierdurch erzeugten chemischen Zersetzungen Kohlensäure in gewaltigen Massen entbinden.

2. Von einigen thätigen Vulcanen.

§. 306. Der Vesuv liegt fast an dem südlichen Ende einer vulcanischen Zone, die sich längs der Küste Süditaliens von Castellamare bis Castiglione erstreckt und von den geschichteten Gesteinen der Apenninenformation eingefasst wird. Der Boden dieser vulcanischen Zone wird von einem regelmässig geschichteten Bimssteintuffe von strohgelber Farbe und erdigem Bruche gebildet, der mit losem Bimsstein, eisenreichem Sand, Lehm- und Kalksinter wechsellagert, und viele Seemuscheln enthält, die mit den noch jetzt im benachbarten Meere lebenden Muscheln identisch sind. Aus diesem Tuffe erhebt sich der Kegelberg des Vesuvs, der aus zwei verschiedenen Theilen besteht, einem älteren äusseren, nach der See hin offenen Halbkegel oder Mantel, der aus dicken Lavaschichten zusammengesetzt ist und die Somma heisst, und einem inneren Aschenkegel, der in der Mitte den Krater trägt. Die Somma ist von diesem Aschenkegel durch ein halbkreisförmiges Thal, das Atrio del Cavallo, getrennt. In dieses, sowie auf der anderen Seite bis in das Meer hinein, sind die neueren Lavaströme geflossen.

Betrachtet man demnach die Bildung des Vesuvs im Ganzen, so zeigt sich derselbe aus folgenden Theilen zusammengesetzt (Fig. 455):

Fig. 455.



Durchschnitt des Vesuvs von Süd nach Nord.

a Somma. *b* Atrio del Cavallo. *c* Punta del Palo. *d* Aschenkegel. *f* Camalduoli. *g* Torre del Annunciata. *m m* Meeresspiegel.

1 Bimssteintuff der Ebene. 2 Leucitophyr der Somma. 3 Jetzige Auswürflinge.

1. Aus dem Tuff der Ebene (1), welcher an den Wänden der Somma hinaufzieht und auch auf der entgegengesetzten Seite

überall hervortritt, wo er nicht von Lavaströmen und Aschenmassen überdeckt ist.

2. Aus dem Leucitophyr der Somma (2), die einen Halbkreis bildet, während auf der Seite nach dem Meere zu offenbar die Schichten ebenfalls in der Tiefe vorhanden sind. Die Somma würde demnach, hergestellt, einen oben abgestutzten, offenen Kegel darstellen, mit mittlerer Höhlung, welcher senkrecht durch seine Axe gespalten ist und dessen eine Hälfte, die Somma, in ihrer Höhe sich erhalten hat, während die andere Hälfte in die Tiefe gesunken ist. Diese Zusammensetzung des Kegels aus zwei halben Drehungsoberflächen, die nicht in gleicher Höhe stehen, ergiebt sich auf den ersten Blick aus dem Ansehen der bei dem Salvatore befindlichen Wände der Somma. Hier steht die Wand der Somma senkrecht abgeschnitten in einer Höhe von mehren hundert Meter da, das Gefälle der Schichten nach aussen zeigend, so dass man unwillkürlich die andere Hälfte des Halbkreises sucht, welche fehlt, und durch die neueren Producte überdeckt ist.

3. Aus den neueren Producten (3), welche den inneren Schlot füllen, den Kegel der Somma erhoben und durchbrochen haben und über die Gehänge, besonders nach dem Meere hin, wie eine Art von Mantel sich ausgebreitet haben.

Berücksichtigt man die Aufeinanderfolge, in welcher diese verschiedenen Gebilde sich erzeugt und ihre jetzige Stellung eingenommen haben, so ergiebt sich zuerst aus der Art der Zusammensetzung der älteren Leucitophyrlaven an der Somma, dass diese nur auf fast horizontalem oder wenig geneigtem Boden geflossen sein können; dass über diesen horizontalen Lavafeldern sich auf dem Boden des Meeres die Lager des Bimssteintuffes absetzten, welche durch ihren Reichthum an Fossilien einen solchen Absatz nachweisen; dass später die Somma mit den darüber liegenden Schichten des Tuffes gehoben und endlich aus dem Erhebungskrater der Somma der neue Vulcan emporstieg und mit seinen Producten die erhobenen Gebilde überschüttete. Die Bildung des Auswurfskegels fand wahrscheinlich in dem gewaltigen Ausbruche 79 vor Christo statt, vor welchem man keine Ahnung hatte, dass der Vesuv ein Vulcan sei. Eine längere Periode der Ruhe hatte der Vulcan von den Jahren 1200 bis 1631 nach Christo, innerhalb welcher der Krater sich vollständig geschlossen hatte.

Unter den vulcanischen Gebilden in der Nähe des Vesuvs ist besonders der Monte Nuovo in der Nähe von Puzzuoli bemerkenswerth, der im Jahr 1538 in einem gewaltigen Ausbruche

gebildet wurde, welcher die Schichten des Bimssteintuffes mantelförmig in die Höhe hob und mit grossen Aschenmassen überdeckte.

§. 307. Unter den liparischen Inseln verdient besonders der immerfort thätige Vulcan von **Stromboli**, die Leuchte des tyrrhenischen Meeres, eine besondere Berücksichtigung. Die Ausbrüche von Stromboli folgen sich beständig in Intervallen von wenigen Minuten. Der Krater, aus welchem diese Ausbrüche geschehen, befindet sich nicht auf der Spitze der konischen Insel, sondern auf der einen Seite etwa in zwei Dritteln der Höhe; er ist bis zu einer gewissen Höhe mit glühender Lava gefüllt, welche in beständigem Auf- und Niederwogen begriffen ist. Dieses Wogen ist bedingt durch das Aufsteigen der Dampfblasen, welche an die Oberfläche aufsteigen und beim Platzen eine gewaltige Aschensäule emporschleudern; die bei der Nacht in rothem Wiederscheine leuchtet. Eine grosse Menge von schwefeliger Säure entbindet sich aus diesem immer thätigen Krater, dessen schon lange vor der christlichen Zeitrechnung gedacht wird, und dessen Basis aus älteren Laven besteht, welche durch die jüngeren Producte emporgehoben zu sein scheinen. Die älteren Laven sind röthlich graue Trachyte, die von Gängen einer lichtgrauen Felsart durchsetzt werden, welche glänzende Krystalle glasigen Feldspathes einschliesst. Der Krater selbst wirft von Zeit zu Zeit vollkommen lose Augitkrystalle aus.

§. 308. Der **Aetna** auf der Ostküste Siciliens scheint beim ersten Anblicke eine weit gleichförmigere Structur zu haben, als der Vesuv. Mit geringer, fast gleichförmiger Erhebung steigen seine Gehänge von allen Seiten der Art in die Höhe, dass seine Basis wie ein Schild erscheint, das an dem Fusse, in der cultivirten Region, etwa 3 Grad Neigung besitzt. Die mittlere oder Waldregion, die etwas stärker geneigt ist, zeigt etwa 8 Grad Neigung, und auf dieser Wölbung ist dann endlich der mittlere Buckel, ein elliptischer Kegel mit 32 Grad Neigung, aufgesetzt. Dieser Kegel trägt in seiner Mitte über einer fast horizontalen Terrasse, Piano del Lago genannt, den Aschenkegel mit dem runden Krater. Ueberall auf der schildförmigen Basis zeigen sich eine grosse Menge von Spalten, aus denen Lavaströme hervorgebrochen sind, die mit parasitischen, warzenförmig hervorstehenden Eruptionskegeln besetzt sind. Man zählt auf dem ganzen Umkreise des Schildes etwa 60 grössere und 600 bis 700 kleinere parasitische Kegel dieser Art und kann sich beim Ueberblicken des Berges von dem Gipfel herab leicht überzeugen, dass sie alle strahlenförmig geordnet und also auf Spalten stehen, die

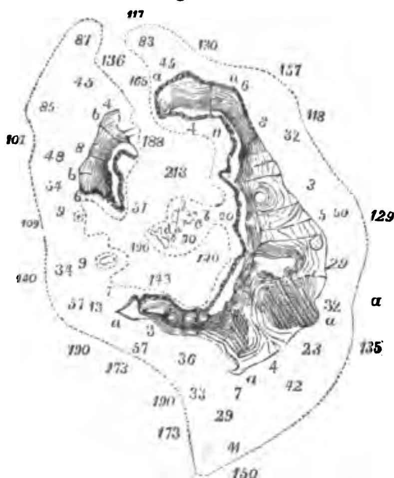
in dem Krater wie in einem Mittelpunkte zusammenlaufen. Die Structur des Aetna ist durch einen gewaltigen Einsturz, das Val del Bore genannt, aufgeschlossen. Die fast senkrechten Wände dieses Einsturzes bestehen aus mächtigen Lagern älterer Lava, welche durch eine ungeheure Menge von senkrechten, mit Lavamasse erfüllten Spalten durchsetzt werden. Die Lavaschichten des Val del Bore wechseln mit Zwischenlagern von Tuff und Conglomerat ab und sind sicher ursprünglich auf fast horizontalem Boden geflossen und dann erst erhoben worden, wobei ein Theil einstürzte. Man kann demnach zwei Perioden der Bildungsgeschichte des Aetna unterscheiden, wozu noch eine dritte, ältere kommt, indem im Umkreise des Aetna überall ältere basaltische Gebilde sich zeigen, die zum Theil, wie im Val di Noto, untermeerische Ausbrüche gebildet haben. Die bedeutendste geschichtliche Eruption des Aetna fand im Jahr 1669 statt.

Die Vulcane Islands gehören zu den thätigsten Europas, §. 309.
und sind jetzt durch ausgezeichnete Untersuchungen vielleicht am besten gekannt. Diese Vulcane scheinen auf einer Spalte zu stehen, welche die Insel quer durchschneidet, und sie tragen deshalb auch alle den Charakter solcher Spaltenvulcane. Die Krater der isländischen Vulcane zeichnen sich weder durch besondere Grösse noch durch besondere Eigenthümlichkeiten ihres Baues aus. Doch fehlen ihnen ganz jene rundlichen Wallgebirge, von welchen wir in dem Monte Somma am Vesuv ein so ausgezeichnetes Beispiel kennen gelernt haben. Mit Ausnahme der beiden höchsten Gipfel des Snaefiall und des Oraefa, deren Structur man ihrer Vergletscherung wegen nicht genau untersuchen kann, sind die übrigen Vulcane alle den parasitischen Kegeln auf dem Fusse des Aetna zu vergleichen, indem sie aus rothen und braunen Schlacken mit schwarzem Sand vermengt zusammengesetzt sind, nach aussen eine Böschung von 25 bis 30 Grad und nach innen einen beckenförmigen, meist verschütteten Krater besitzen, auf dessen Peripherie sich nicht selten zwei diametral gegeneinander überliegende Hörner erheben, deren Verbindungslinie mit der Erhebungsspalte zusammentrifft. Auf einzelne Spalten sieht man ganze Reihen solcher aufgeschütteten Kegel mit Kratern alignirt. Der bekannteste unter diesen Kegeln, der Hekla, ist länglich symmetrisch, sein Krater bedeutend gross und von vielen Spalten zerrissen; seine letzte bedeutende Eruption fand im Jahr 1845 statt und dauerte mit kurzen Unterbrechungen vom 2. September bis zum 12. October. Der Lavastrom, der damals ergossen wurde, kam aus der Seite des Ber-

ges; er hat eine Länge von 6 Stunden, eine durchschnittliche Breite von etwas über 2000 Meter und eine Mächtigkeit von 20 bis 30 Meter.

Ausser diesen Vulcanen finden sich in Island noch heisse Schlammvulcane, die aus der Zersetzung des vulcanischen Tuffs durch heisses Wasser hervorgegangen sind. In einer ganz vegetationsleeren, wagerechten Ebene von aschgrauer Färbung, die nach Norden von starren Lavaströmen des Leirhnuhur, im Westen von einem Höhenzug der Solfataren, in dem überall Dämpfe hervorsteigen, begrenzt wird, liegen vier grössere und mehre kleinere Schlammkessel mit verdächtigem Erdreich umgeben, das leicht unter den Füssen des Beobachters zusammenbricht. Ein graublauer, öfter noch blauschwarzer, widriger Schlamm, der für nichts anderes tauglich zu sein scheint, als die Isländer von Hautausschlägen zu heilen, brodelt hier dampfumhüllt in Becken mit kraterförmigen Rändern und wird von platzenden Blasen, die ununterbrochen aus der Tiefe hervorsteigen, in die Luft gespritzt. Der Geyser haben wir schon erwähnt.

Fig. 456.



Seekarte von Santorin.

Die Zahlen zeigen die Tiefe in Faden. Die punktirten Linien umschliessen die Tiefen unter hundert Faden. *a b c d* die mittlere Gruppe der Kaimeni.

§. 310. Eine merkwürdige Inselgruppe bietet in dem griechischen Archipelagus, die Insel Santorin (Fig. 456) mit den kleineren Inseln Therasia, Aspronisi und mehren inneren, Kaimeni genannten Inselchen. Santorin (Thera im Alterthum) bildet eine halbmondförmige Insel, deren innerer Rand ein steiler, fast senkrechter Absturz von 240 Meter ist, während nach aussen hin die Gehänge sanft unter die Meeresfläche einschiessen. In der Oeffnung des Halbmondes liegen in der Fortsetzung seiner Krümmung zwei kleinere und

weit weniger hohe Inseln, Therasia und Aspronisi, welche ebenfalls einen steilen Absturz nach innen, sanft geneigte Böschungen nach aussen bieten. Diese drei Inseln zusammen bilden auf diese Weise eine ovale innere Bucht, deren Wände ringsum steil und senkrecht sind, deren Tiefe an vielen Stellen und zwar ganz nahe am Lande bis zu 300 Meter beträgt, was beweist, dass die Höhe der Wände etwa zu 500 Meter im Durchschnitt erwachsen mag, und deren längerer Durchmesser in runden Zahlen 10,000, der kürzere 6000 Meter beträgt. Fig. 456 giebt die Sondirungen im Umkreise des festen Landes. Man sieht daraus, dass in der Mitte ein tiefer kraterähnlicher Kessel existirt, welcher bis zu 213 Faden Tiefe besitzt und dass dieser Kessel nach Norden hin in einen etwa 140 Faden tiefen Canal ausläuft, der in das umgebende Meer mündet, während nach Westen hin in der Verlängerung des Bogens, der von Therasia über Aspronisi nach dem Westcap läuft, eine nur sehr geringe Tiefe herrscht, so dass es nur einer Erhebung von einigen Faden mehr bedürfte, um hier den Kreis vollkommen zu schliessen. Denkt man sich die Erhebung noch weiter fortgesetzt, so dass der Nordcanal trocken gelegt würde, so hätte Santorin etwa das Ansehen der Insel Palma mit seiner Caldera, von welcher wir später reden werden. Im Allgemeinen bestehen die Ränder dieser ungeheuren eirunden Vertiefung, die etwa 1700 Fuss Tiefe und mehr als drei Stunden im Umkreis haben würde, wenn sie nicht vom Wasser grösstentheils bedeckt wäre, aus nach allen Seiten hin abfallenden Lagern von trachytischen Tuffen und Conglomeraten, zwischen welchen deutliche Schichten geflossener Laven sich finden. Die Oberfläche der Insel selbst wird von einer ungeheuren Ablagerung trachytischen Conglomerats von weisser Farbe gebildet, mit Ausnahme des südlichen Theiles, wo Eleusis und der Eliasberg, die aus metamorphischen Gesteinen, körnigem Kalk und Schiefern bestehen.

In der Mitte der Vertiefung erheben sich mehre kleine Inseln, die verbrannten (Kaimeni) genannt, welche durch vulcanische Kraft aus dem Boden gehoben wurden und nun an der Oberfläche des Wassers kleine vorstehende Felspartien bilden. Diese Inseln (Fig. 456 a, b, c, d) bestehen aus einem braunen, festen, glasigen Trachyte, sehr verschieden von demjenigen, welcher die äusseren Schichten bildet. Hier und da sind sie bedeckt von weissem Bimsstein.

Man kennt die ganze Geschichte dieser Inselgruppe seit 233 vor Christi Geburt, wo Therasia von Santorin getrennt wurde;

allmälig stiegen die Trachytmassen im Inneren des Golfes hervor und erst im Jahr 1709 entstand auf einem der Trachytköpfe ein kleiner Krater, der sich aber später wieder vollständig schloss. Noch jetzt steigen die inneren Trachytinseln langsam in die Höhe und es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass diese langsame Erhebung die Lavaschichten des äusseren Kranzes allmälig an die Oberfläche gebracht haben.

§. 311. Auf den canarischen Inseln finden sich mehre ihrer Natur nach sehr verschiedene Typen von Vulcanen. Die ganze Basis dieser Inseln besteht aus älteren dicken Lavaschichten, die auf fast horizontalem Boden gebildet und durch die spätern vulcanischen Ausbrüche erhoben und aufgerichtet wurden. Die Insel Lancerota (Fig. 457) bietet das Beispiel von Island im Kleinen dar, indem bei einem einzigen Ausbruche im Jahr 1730 die

Fig. 457.



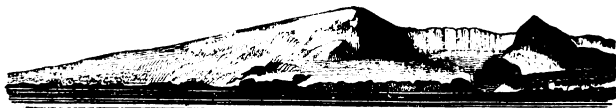
Karte der Insel Lancerota.

a Montagna di Fuego. *b* Yalza. *c* Teguize. *d* Porto di Navo.

Insel querdurch sich spaltete und aus dieser Spalte Jahre lang unter einzelnen partiellen Ausbrüchen ein ungeheurer Lavastrom nach beiden Seiten hin sich ins Meer ergoss. Auf dieser Spalte

warfen sich eine Menge kleiner Aschen- und Schlackenkegel auf, welche die Direction der Spalte sehr deutlich bezeichnen. Die Insel Palma (Fig. 458) bietet dagegen nach der Ansicht mancher Geologen einen ausserordentlich schönen Erhebungskrater dar,

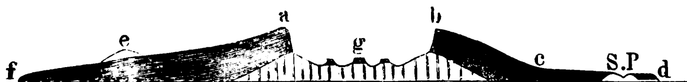
Fig. 458.



Ansicht der Insel Palma von Tazacorte aus.

in dessen Mitte das erhebende Element nicht an die Oberfläche gekommen ist. Von allen Seiten her erheben sich mächtige Basaltschichten, mit röthlichen Tuff- und Conglomeratlagern abwechselnd, nach einem Mittelpunkte hin, der durch ein ungeheures Kesselthal eingenommen ist, welches die Caldera heisst (Fig. 459). Diese Caldera hat etwa zwei Stunden im Durchmes-

Fig. 459.



Querdurchschnitt der Insel Palma, von Nordwest nach Südost.

a b Der Rand der Caldera (circa 1830 Meter über dem Meere). *c* Beginn der stärkeren Gehänge. *d* Santa Cruz. *e* Seitlicher Ausbruchskrater. *f* Cap Briera. Obere Lavenbildung der Caldera. *S P* Ausbruchskegel von San Petro.

ser; sie ist vollkommen kreisrund, ein ungeheurer Krater, umgeben von senkrechten Abstürzen, die mehr als 4000 Fuss Höhe über dem Boden der Caldera haben, welcher Boden in der Mitte 2257 Fuss über dem Meere erhoben ist. Die äusseren Gehänge des Mantels, welcher die Caldera umgiebt, sind wie auf der Drehbank gedrechselt, und wenn man oben an dem Rande der Caldera steht, so scheint die ganze Aussenfläche des Kegels eine einzige glatte Fläche zu bilden. Durchstreift man aber diese Aussenfläche, so trifft man in sehr kurzen Zwischenräumen auf ungeheure, oft 400 bis 500 Fuss tiefe Risse, sogenannte Barrancos, welche alle strahlenförmig von der Caldera aus nach dem Meere hin laufen und meist senkrechte Wände haben. An einigen Stellen findet man kleine seitliche Eruptionskegel, welche

ebenfalls die Einförmigkeit der Wände unterbrechen. Die Caldera selbst würde im Inneren durchaus unzugänglich sein, wenn nicht einer dieser Barrancos von ausserordentlicher Tiefe dieselbe bis auf den Grund spaltete. Beim Besuchen des Inneren der Caldera von Tazacorte aus, welches Dörflein gerade an der Oeffnung des Barranco liegt, wandelt man zwischen zwei senkrechten Wänden, von abwechselnden Schichten festen Basalts und röthlichen Conglomeraten gebildet, die etwa drei Viertel der ganzen Masse ausmachen. Eine Menge von Gängen durchbrechen diese Schichten, werden immer häufiger nach innen zu und verwerfen hier alle Schichten, so dass man kaum mehr ihre Anordnung erkennen kann. Die Gänge sind meist dioritische Gesteine, verschieden von den Basalten der Schichten; an einzelnen Stellen scheinen sie selbst Granit zu Tage gefördert zu haben. Auf dem Boden der Caldera findet man einen untern Tuff von grünlicher oder gelblicher Farbe, der aber so von trachytischen und Grünsteingängen durchkreuzt ist, dass es schwer hält, seine Lagerung unter den geneigten Basaltschichten zu constatiren. Die ganze Masse der Insel Palma bildet demnach einen weiten Mantel von Basalt, der um einen Mittelpunkt kegelförmig erhoben ist. In dem Mittelpunkt selbst befindet sich der ungeheure, Stunden im Durchmesser habende Krater, auf dessen Boden ältere Laven und Tuffe sich zeigen. Nach der Meinung vieler Geologen stellt die Insel Palma einen Erhebungskrater dar, aus welchem anfänglich die Laven fast horizontal ausflossen, nach der Erkaltung aber von innen heraus emporgehoben wurden. Durch diese Erhebung wurden die Schichten sternförmig zerbrochen, um einen Kegel bilden zu können, und so diese Barrancos erzeugt, deren Häufigkeit und regelmässige Anordnung in Palma namentlich sehr überraschend ist. Neuerdings hat man dagegen diese Theorie der Erhebungskrater vielfach bekämpft und namentlich auch für Palma behauptet, dass die Kegelform von Anfang an gegeben worden sei, dass die Schichten in ihrer jetzigen geneigten Stellung sich consolidirt hätten, dass die Caldera der ursprüngliche, durch Einsturz vergrösserte Krater sei, der endlich durch Auswaschung durch den darin fliessenden Bach wie durch das Meer seine jetzige Gestalt erhalten habe.

Der Pic de Teyde auf der Insel Teneriffa besteht aus einem ungeheuren Trachytkegel, der nur äusserst wenige Lavaströme von Obsidian geliefert hat, und um welchen herum mit fast gleichen Gehängen ein Mantel von Basalt und Conglomerat sich schlingt, der nur auf der einen Seite noch erhalten ist.

Die Vulcane der Anden, welche diese an sich schon gewaltige Bergkette durchbrochen und auf ihrem Rücken in langer Linie sich aufgethürmt haben, zeigen ihrer Höhe wegen nur äusserst wenige Lavaströme, sondern bestehen aus ungeheuren aufeinander gethürmten Massen von Trachytblöcken, zwischen welchen leere Räume und gewaltige Höhlen existiren, so dass diese Gebirge das Pendel weit weniger anziehen und einige Kegelberge auch schon zusammengestürzt sind. Wahrscheinlich sind diese Trachyte in mehr oder minder festem Zustande aus dem Inneren der Erde hervorgebrochen. Die Eruptionen dieser Colosse zeichnen sich weit mehr durch die Erdbeben und die secundären Erscheinungen, wie Einstürze, Spaltenwürfe etc., aus, als durch die unmittelbaren Resultate der Ausbrüche, wie Lavaströme, Aschenregen und dergleichen. §. 312.

Diese letzeren haben eine bedeutendere Rolle in Mexico gespielt, wo namentlich der Ausbruch des Jorullo am 29. September 1795 bekannt geworden ist. Eine rundliche Fläche von drei Quadratmeilen etwa wurde dabei schildförmig erhoben und fast in der Mitte des erhobenen Landes ein gewaltiger Auswurfskegel gebildet, der einen bedeutenden Lavastrom lieferte.

Unter den thätigen Vulcanen erwähnen wir noch besonders die Vulcane der Sandwichsinseln, von denen der höchste, der Mouna Roa, 4838 Meter über das Meer aufsteigt. An der Seite dieses Colosses liegt der Krater von Kirauea auf einer von steilen Abhängen begrenzten Hochebene, in einer Höhe von 1178 Meter über dem Meere. Man hat verschiedene Beschreibungen dieses ungeheuren Kraters, dessen Umfang von 8 bis 15 englischen Meilen angegeben wird und der aus mehren Terrassen besteht, die in der Mitte einen ungeheuren Lavasee in sich schliessen, der förmlich wogt und brandet und eine so dünnflüssige Lava besitzt, dass sie wie Glass in feine Fäden sich auszieht. Dieser Lavasee (Fig. 460 a. f. S.) bildet eine mittlere Vertiefung (*pp*, Fig. 461), über welche sich eine scharf abgeschnittene Terrasse von 110 Meter Höhe erhebt, welche den Treppenabsatz *o n n' o'* bildet, hierauf folgt ein zweiter Absturz von 220 Meter Höhe, der die äussere Terrasse *m m'* bildet. Je nachdem der Lavasee höher oder tiefer steht, erfüllt er die eine oder andere dieser Terrassen und zuweilen entleert er sich durch Ausbrüche, welche indess nur selten von Erdbeben begleitet sind, sondern im Gegentheil fast ruhig vor sich gehen, indem Spalten an der Seite des Berges sich öffnen, durch welche die Lava ihren Abzug nimmt. Die übrigen Vulcane gleichen sich im All- §. 313.

gemeinen zu sehr, als dass wir hier weiter auf dieselben eingehen sollten.

Fig. 460.



Fig. 461.



Plan und Durchschnitt des Kraters von Kirauea.

3. Die ausgestorbenen Vulcane.
Trachyt-, Phonolith-, Basalt- und Trappformation.

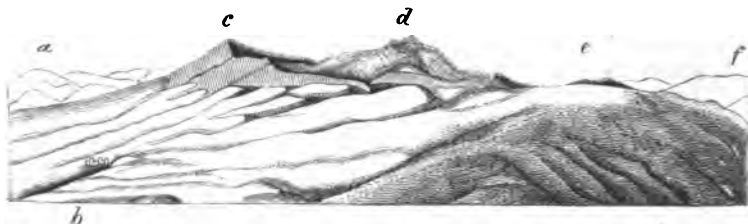
§. 314. Schon bei vielen der jetzt thätigen Vulcane wurde bemerkt, dass dieselben von einem Mantel älterer vulcanischer Gesteine umgeben sind, der von ihnen theilweise erhoben und durchbrochen wurde. Wir finden nun eine ganze Menge älterer Bildundungen, bei welchen successiv die Spuren von Schlacken, Aschenkegeln und Aschenauswürfen verschwinden, und mehr solche Formen der ungeschichteten Gesteine auftreten, welche auf ein ruhiges Ausfliessen über fast horizontale Strecken schliessen lassen. Während bei den eigentlichen Trappgesteinen kein einziges Beispiel eines Auswurfskegels bekannt ist, finden sich deren zwar einige aber sehr wenige unter den basaltischen Gebilden und ihre Zahl nimmt bei den älteren Trachytvulcanen mehr und mehr zu. Man darf indess deshalb nicht glauben, dass das Alter der Gesteine überall in der Art sich folge, wie es in der Ueberschrift

angegeben ist. Es greifen dieselben an verschiedenen Orten auf die mannigfaltigste Weise durcheinander, und in den meisten älteren vulcanischen Gegenden sieht man bald das eine, bald das andere dieser Gesteine als späteres Element, die früheren durchbrechend und den Mittelpunkt der Hebungen bildend. Im Allgemeinen kann man indess sagen, dass die Trachyte die jüngsten, die Trappe die ältesten Glieder dieser Formationsreihe sind, welche weite Länderstrecken mit ihren Ausbrüchen bedeckt hat.

Die Trachyte erscheinen gewöhnlich als kuppelförmige isolirte Berge, welche häufig in der Mitte von sogenannten Erhebungskratern liegen. Ein ausgezeichnetes Beispiel dieser Art bietet der Vulcan von Rocca Monfina im Norden von Neapel dar. Der Vulcan wird aus einem kegelförmig aufsteigenden Berge gebildet, der nach innen hin einen weiten Krater mit kreisförmigem Kamme bildet, in dessen Mitte sich ein domförmiger Hügel, der Monte Santa Croce, befindet, der eine Höhe von 1006 Meter über der Meeresfläche erreicht. Der ganze Berg hat eine Basis von etwa 14 Meilen im Umkreise. Die Wände des äusseren, mantelartigen Beleges steigen unter einem Winkel von höchstens 18 Grad zum Kamme hinan, der den Namen des Monte delle Cortinelle trägt. Der Krater selbst ist elliptisch, seine längste Achse von Südosten nach Nordwesten gerichtet. Im Nordwesten ist der Gürtel der Cortinelle vollständig zusammenhängend, wie derjenige der Somma am Vesuv. In Nordosten ist der Mantel zerstückelt und nur aus einzelnen, niedrigen Hügeln zusammengesetzt. Der Mantel selbst besteht aus Schichten von Leucitophyr, durchaus demjenigen der Somma ähnlich, nur mit noch grösseren Krystallen von Leucit; er scheint gehoben durch den im Mittelpunkt befindlichen Kern, der aus glimmerhaltigem Trachyt besteht und glockenförmig emporsteht (Fig. 462 a. f. S.). Der innere Krater, aus welchem dieser glockenförmige Trachytkegel emporsteigt, bildet ein ebenes Kesselthal, welches $7\frac{1}{2}$ Meilen im Umkreise hat und in dem das Dorf Rocca Monfina selbst liegt. Der Trachytkegel im Inneren hat keine Spur von Krater aufzuzeigen; nur auf der Nordseite ist ein höchst kleiner Lavastrom hervorgebrochen, der kaum bis in den Boden des Kesselthales gelangt ist. Einige Schlackenkegel befinden sich auf der westlichen Seite des Kraters (Monti Attani; *e* auf der Ansicht). Im Uebrigen bildet die trachytische Centralmasse ein festes Felsgestein und der ganze Kegel wird zu beiden Sei- §. 315.

ten von den aufgerichteten Schichten der Apenninen - Ausläufer umgeben, die er durchbrochen zu haben scheint.

Fig. 462.



Ansicht des Erhebungskraters von Rocca Monfina.

a Monte Cammino. *b* Sessa. *c* Monte Cortinella. *d* Monte Santa Croce. *e* Monti Attani. *f* Monti dei Sanniti.

Die Umgegend von Rom mit dem Albanergebirge, sowie Toscana und das Vicentinische zeigen ebenfalls vielfache ältere Trachytgebilde.

§. 316. In **Centralfrankreich** bilden die vulcanischen Gesteine mehre Gruppen, unter welchen die Kette der Puys bei Clermont, die Gruppen des Mont Dore, des Cantal, des Velays und des Vivarais sich besonders auszeichnen.

Die Kette der **Puys** bei Clermont bildet eine lange, fast genau von Nord nach Süd streichende Reihe von Kegelbergen, von denen der höchste, der Puy de Dôme, 500 Meter über das granitische Centralplateau der Auvergne sich erhebt. Fast sämmtliche Puys sind Krater, die auf der einen Seite eingestürzt sind und hier einem Lavastrome Ausfluss gegeben haben; sie bestehen aus rauschendem Schlackengerölle, aus deckenartig geflossenen Massen mit vielen Conglomeraten, die wieder von Trachytgängen durchbrochen sind, während die Lavaströme bald trachytische, bald basaltische Gesteine zeigen. Man fand in der Auvergne zuerst den deutlichsten Beweis von wahrhaften Basaltlavaströmen, die aus trachytischen Aschenkegeln hervorgebrochen sind. An dem Puy de Chopine hat man in der Höhe eine bedeutende Granitmasse entdeckt, die bei der Bildung desselben aus der Tiefe mit emporgerissen wurde. Einige Kegel, wie namentlich der Puy de Dôme und der Sarconi, zeigen keine Krater, sondern sind nur aus Trachytblöcken aufgehäuft.

Die Gruppe des **Mont Dore** im Südwesten von Clermont

scheint die älteste dieser Vulcangruppen zu sein. Die Laven ruhen unmittelbar auf dem Granit und bilden eine mehr isolirte elliptische Masse aus aufeinander geschichteten Lagern und geflossenen Feldern von braunem Trachytporphyr und Conglomeraten, die von basaltischen Gängen durchbrochen und umflossen werden. In der Mitte finden sich als Centrum der Erhebung mehre Phonolithmassen, unter welchen besonders die Roche Sanadoire und die Roche Tuilière, von welchen aus die geflossenen Massen nach allen Seiten hin abfallen, so dass das ganze Gebirge einen gestreckten Erhebungskrater darstellt, dessen Mantel von Trachyt und Basalt gebildet ist, während der Phonolith den Kern herstellt. Da indess die Gehänge des mehre 1000 Meter hohen Kegels nicht mehr als 8 Grad betragen, so können die Lavamassen auch ursprünglich auf denselben geflossen und erstarrt sein.

Die Gruppe des Cantal im Südwesten von dem Mont Dore bietet eine ebenso isolirte Masse von höchst einfacher Structur. Es ist ein fast vollkommener runder Kegel mit breiter Basis, concentrisch nach der Mitte sich erhebenden, etwa um 4 Grad geneigten Gehängen, der eine mittlere Aushöhlung bildet, in welcher eine pyramidale Masse, der Puy Griou, steht. Der Cantal ist nach den Einen ein wahrer Erhebungskrater, nach Anderen ein echter Vulcankrater, der in der Mitte steile Abstürze nach innen zeigt, welche gegen die Phonolithmassen des Plomb du Cantal gewendet sind, und dessen geneigte Flächen nach aussen hin von trachytischen Conglomeraten, Tuffen, geflossenen Trachyten und Basalten gebildet werden.

Der Phonolith gehört wesentlich seiner Zusammensetzung §. 317
wie seinem Verhalten nach zu den trachytischen Gesteinen. Er bildet meist Gänge oder noch häufiger isolirte Felsmassen, welche mit schroffen Wänden nackt und kahl aus der Mitte der umgebenden Gesteine emporsteigen und meist sehr kühne, pyramidale Formen haben. Die Absonderungen in prismatische oder schieferig zusammengehäufte Elemente sind äusserst häufig in den phonolithischen Gesteinen, welche ausserdem auch noch zuweilen wahrhaft geflossene deckenartige Massen bilden. In Deutschland sind die Phonolithe besonders in der hohen Rhön entwickelt; man hat dort ältere Phonolithe unterschieden, welche ein grosses Plateau zwischen dem Teufelstein, der Steinwand, dem Pferdekopf und der Milseburg zeigen, aus welchem die eben angeführten Gipfel mit äusserst steilen, zum Theil aus Säulen und Pfeilern gebildeten Wänden aufragen. Dieser ältere Phonolith, der

überall äusserst gleichmässig in seiner Structur sich zeigt, wurde von Basalt durchbrochen, der den Phonolith so umgiebt, dass die Kuppen des letzteren gleichsam in Basalt zu schwimmen scheinen. Hierauf kamen Durchbrüche von jüngerem trachytähnlichen Phonolith, welcher hauptsächlich Gänge und kleinere Kuppen bildet, und endlich ganz zuletzt wieder jüngerer Basalt, welcher alle früheren Gebilde gangförmig durchsetzt und sich an ihrem Fusse mantelförmig ausbreitet.

Noch bedeutendere Entwickelung zeigen die Phonolithe im böhmischen Mittelgebirge, wo sie meist steile Felsmauern mit oft äusserst kühnen Formen zeigen, wie z. B. der Borzenstein bei Bilin, der Donnersberg bei Mileschau, der Spitzberg bei Oderwitz; oder gewaltige Gänge, welche durch Basaltconglomerate, Quadersandstein durchgebrochen sind, und selbst wieder theilweise von Basalten durchbrochen werden.

§. 318. Unter den älteren Vulcangebieten sind namentlich die Vulcane der Eifel auf dem linken Rheinufer genauer bekannt geworden. Auf einem Gebiete, das etwa 60 Quadratmeilen umfassen mag, findet sich hier eine Menge vulcanischer Durchbrüche durch die Grauwackenschiefer des silurischen Systems und durch die Kalk- und Sandsteinschichten der devonischen Gebilde. Man kann im Allgemeinen die vulcanischen Gebilde der Eifel in zwei Abtheilungen bringen. Diejenigen der hohen Eifel bestehen besonders aus festen Basalten, welche Kuppen bilden und wenig lavaartige Ausbreitungen erzeugt haben; in der niederen Eifel finden sich zwar ebenfalls nur sehr wenige Lavaströme, deren Oberflächen meist compact und nie so schlackig und zerrissen sind, als die basaltischen Lavaströme der Auvergne, dagegen zeigen sich aber die feiner zertheilten basaltischen Auswürfe, die Rapillis, Bimssteine und der vulcanische Sand in ungeheurer Masse entwickelt. Eine besondere Eigenthümlichkeit der Eifeler Vulcane beruht ferner in der Bildung einer Menge mehr oder minder kreisförmiger Seen und Teiche, deren viele wohl als Krater betrachtet werden müssen, während andere vielleicht eine ähnliche Entstehungsweise haben mögen, wie jene trichterförmigen Vertiefungen, deren wir bei den Erdbeben gedachten. In der Eifel selbst werden diese kreisförmigen vulcanischen Seen Maare genannt.

Betrachtet man die Basaltberge und Kraterränder der Eifel im Ganzen, so zeigt sich als eine merkwürdige Erscheinung, dass ihre Höhe über dem Meere zwar sehr wechselt, die Höhe über der Grundfläche des Grauwackengebirges, auf der sie ruhen,

aber fast immer dieselbe bleibt. Wo sich die Hochfläche in flachen Mulden erniedrigt, steigen die Basalte nicht höher über dieselbe hervor als auf den höchsten Kuppen der Grauwacke. So erhebt sich die 780 Meter über der Meeresfläche gelegene Hohe-Acht, der höchste Basaltkegel in der Eifel, 73 Meter über das Grauwackengebirge. Der Mosenberg mit 542 Meter steigt höchstens 83 Meter über das Grauwackenplateau empor. Obgleich an vielen Stellen die Basaltdurchbrüche durch Grauwackenkuppen erfolgt sind, welche ganz in der Nähe von Thälern liegen, in welchem Falle es wunderbar erscheinen könnte, dass die Lava nicht in dem geringeren Widerstand bietenden Thale durchbrach, so geht doch auf der anderen Seite aus dem Fliessen der Lavaströme klar hervor, dass die Basaltausbrüche erst nach der Aushöhlung der Thäler statthatten. Es müssen dieselben also durch vorher vorhandene Spalten durchgebrochen sein, die sie nachträglich ausfüllten und deren Wände sie zum Theil mit hinaufbrachten. In der That findet man oft Grauwacke und Thonschiefer in den Laven der Eifeler Vulcane eingebacken, wie namentlich an dem Roderberge bei Bonn, wo dann der Thonschiefer zuweilen blasig, meist aber vollkommen roth gebrannt, wie Ziegelsteine erscheint und Quarzgesteine oft ganz zerreiblich sind. Weitere Metamorphosen finden sich indess in diesen Gebilden nicht.

Besonders bemerkenswerth sind unter den Eifeler vulcanischen Gebilden: der Laacher See, Fig. 463, ein ungeheures elliptisches Maar, das im Mittelpunkte eines Sternes von Spalten liegt

Fig. 463.



Ansicht des Laacher-Sees

und bis auf weite Entfernung hin von Schlacken und Aschenhügeln umgeben ist; die Nurburg, ein Aschenkegel aus schlackigem Trahyt und Trachytconglomerat gebildet, dessen Seitengang von einem Basaltgang durchbrochen worden ist; der Nickennicher Sattel; der Vulcan von Gerolstein, der mitten durch den versteinerungsreichen Kalk durchbrach; der Roderberg, der Steinberg, der Bausenberg und endlich der Hochsimmer, dessen Kra-

ter etwa 600 Meter im Durchmesser hat. Ein Seitenausbruch des Hochsimmers scheint den gewaltigen Lavastrom von Niedermendig geliefert zu haben, welcher bergmännisch zu Mühlsteinen ausgebeutet wird. Nicht minder merkwürdig ist der Mosenberg in der hohen Eifel, der ausser einem Maar noch drei eigentliche Krater zeigt, von denen der südwestliche einen wahren basaltischen Lavastrom ausgespien hat.

§. 319. Der Basalt tritt meistens in compacten, geflossenen Massen auf, welche kegelförmige Kuppen oder weite Felder und unterbrochene Plateaus bilden, die auf den ersten Anblick horizontal erscheinen, bei genauer Nivellirung aber stets eine gewisse Neigung zeigen, welche nach dem Orte hinweist, von welchem aus sie ihren Ursprung nahmen. Meistens sind diese Felder oder Plateaus von einer unregelmässig gespaltenen Trümmerschicht bedeckt, unter welcher der compacte Basalt, in regelmässige Säulen getheilt, hervortritt. Oefters ist diese obere Decke aus Wacken, aus Tuffen oder auch aus Schlacken gebildet, obgleich diese letzteren besonders in Deutschland verhältnissmässig selten vorkommen. Die Basaltschlacken unterscheiden sich wesentlich von den Schlacken der trachytischen Laven, indem sie nicht solche ausgezogene Blasenräume und ein solches faseriges Ansehen besitzen, wie diese letzteren, sondern mehr den Schlacken eines Hochofens durch Festigkeit und Stärke sich annähern und die in ihnen vorhandenen Höhlungen, wie z. B. in Annerod bei Giessen, gewöhnlich mit ausgezeichneten, durch Zersetzung entstandenen Zoolithen erfüllt sind.

Die basaltischen Massen sind in vielen Fällen aus der Erde hervorgedrungen, durch Spalten, welche zuweilen dadurch sichtbar werden, dass die Masse nicht hinlänglich war, um auf der Oberfläche schichtförmig sich auszudehnen, und dass sie dann nur eine vorragende Mauer bildete, welche durch die Degradation der umgebenden Gebilde zu Tage geht. Fälle dieser Art finden sich namentlich häufig am Rande des schwäbischen Jura. In solchen Fällen zeigt sich dann oft das Innere des Ganges von Pechstein gebildet, welcher zu dem Basalte in ähnlichem Verhältniss zu stehen scheint, wie der Obsidian zu den Trachyten.

Man kann demnach in dem Lagerungsverhältnisse der Basalte mehre Hauptgruppen unterscheiden: die noch mit Schlackenkegeln in Verbindung stehenden Basaltlavaströme, wie sie besonders in der Eifel und der Auvergne nachgewiesen wurden; die Basaltlager, welche weite geflossene Decken bilden, deren einzelne Schichten oft durch Conglomerat, Tuff, Dolerit, Wacke

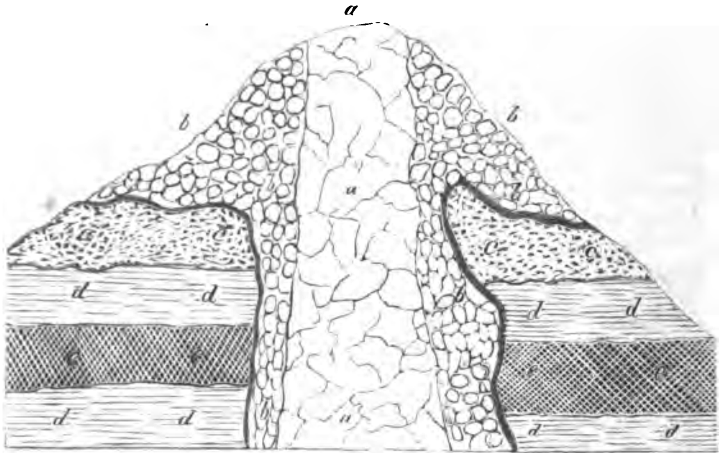
und andere Gesteine unterbrochen werden. Beispiele derselben finden sich namentlich im ausgedehntesten Maasse im Vogelsberg, Westerwald, in der hohen Rhön, im böhmischen Mittelgebirge u. s. w. Da diese fast horizontalen Lager oft auf Schichten von Wacken, vulcanischem Sand- und Bimsstein, auf Thon- und Braunkohlenlagern aufruhen, und häufig die obersten platten Gipfel der Höhenpunkte bilden, so gab diese Lagerungsweise besonders Veranlassung zu der jetzt längst verlassenen Ansicht von der geschichteten Natur der Basalte. Im Westerwald, besonders aber im Vogelsberge kann man deutlich nachweisen, dass diese scheinbar horizontalen Lager in Wirklichkeit sehr flache Kegel darstellen, deren durch Erosion hervorgebrachte Thäler strahlenförmig von dem höchsten Theile auslaufen.

Eine dritte Lagerungsweise ist diejenige der Kuppen oder Kegel, die besonders charakteristisch ist und meist auf weite Entfernung hin den Basaltberg erkennen lässt. Eine Menge isolirter Kuppen dieser Art finden sich in dem Umkreise des Vogelsberges sowohl in seiner nächsten Nähe als weiterhin bis gegen die Weser und den Thüringerwald; und ebenso zeigt sich eine grosse Zone einzelner solcher Kuppen in der Umgebung der böhmischen Basaltmassen zwischen diesen und dem Riesengebirge. Alle diese Kuppen haben, im Ganzen betrachtet, die Gestalt eines Blätterschwammes, dessen Hut auf der Basis der durchbrochenen Gesteine aufsitzt, während der Strunk in unergründliche Tiefe hinabreicht. Dieser Strunk ist weiter nichts als die Ausfüllung einer Spalte, durch welche der Basalt aus der Tiefe hervorbrach. Zieht sich die Spalte in längerer Linie hin, so entsteht dadurch die seltenere Form eines mehr oder minder gestreckten Bergrückens. Eines der schönsten Beispiele einer solchen schwammförmigen Basaltkuppe ist in dem Ziegenkopfe am Habichtswalde im Norden von Kassel aufgedeckt. Der Boden der Gegend selbst wird von abwechselnden Schichten von tertiärem Sand (*c*), Fig. 464 a. f. S., Thon (*d*) und Braunkohlen (*e*) gebildet, die man ausbeutet. Alle diese Schichten sind von einer gewaltigen Basaltmasse durchbrochen, welche senkrecht aufsteigt, in der Mitte aus compactem Basalt gebildet ist (*a*), während seitlich dieser compacte Basalt von mächtigen Conglomeraten eingehüllt wird. In der Nähe der Conglomerate sind die Braunkohlen verkokt und verändert.

Aehnliche Verhältnisse hat man am Meissner nachgewiesen, wo der Basalt gangförmig durch bunten Sandstein, Muschelkalk, Braunkohlenthon und ein Braunkohlenlager durchgebrochen ist und

dann schichtförmig sich über der Braunkohle ausgebreitet hat die er durch seine Hitze in Anthracit und Steinkohle umwan-

Fig. 464.



Durchschnitt des Ziegenkopfes am Habichtswalde.

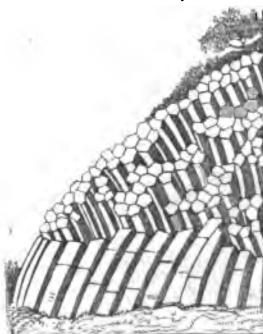
a Compacter Basalt. *b* Basalt-Conglomerat. *c* Tertiärer Sand. *d d* Thonlager. *e* Braunkohlen.

delte. Am Basaltberg von Stolpe in Sachsen hat man den Schlossbrunnen in dem Basaltgange, welche der Kuppe als Strunk dient, bis auf eine Tiefe von fast 300 Fuss verfolgt. Es kann mithin keinem Zweifel unterworfen sein, dass alle solche Basaltkuppen von Gängen gebildet sind, ähnlich denjenigen, welche man auch an vielen Orten ohne weitere schwammförmige Ausdehnung auf der Oberfläche findet.

§. 320. Die prismatische Säulenstructur, Fig. 465, die besonders bei den Basalten oft ausgezeichnet schön hervortritt, ist ohne Zweifel das Resultat der Zusammenziehung der geflossenen Massen bei der Erkaltung. Die Prismen stehen überall senkrecht auf den Erkaltungsoberflächen der geschmolzenen Massen; in den horizontalen Basaltlagern stehen sie vertical, in Gängen, die von senkrechten Wänden eingeschlossen sind, lagern die Säulen horizontal, wie Baumstämme in einem Holzklafter; in den konischen und glockenförmigen Hügeln endlich neigen sich die Prismen

von allen Seiten her nach dem Mittelpunkte, so dass sie auf dem Durchschnitte einen Fächer bilden, dessen einzelne Blätter nach allen Seiten hin oft zierlich gebogen ausstrahlen. Besonders schöne Säulenbildung findet man an dem Bilstein bei Lauterbach, am Fetzberg und Staufenberg bei Giessen, am Menderberg bei Linz, an den Bergen bei Stolpen und Zittau in Sachsen u. s. w.

Fig. 465.



Säulenbasalt im Vicentin.

Es ging schon aus dem Vorhergehenden hervor, dass das Alter der Basalte im Verhältniss zu den benachbarten Gesteinen kein genau bestimmtes ist; wir sahen oben, dass in der Auvergne die Basalte meist älter sind als die Phonolithe und die Trachyte, dass man an der Rhön zwei wechselnde Ausbrüche von Basalt und Phonolith unterscheiden kann u. s. w. Man hat indess noch keine Basaltdurchbrüche gefunden, die älter wären als die Ablagerung der Kreide, während die meisten sogar jünger als die Braunkohlenformation erscheinen; jedenfalls aber häufen sich überall die Beweise, dass selbst diese jüngeren Basalte ungemein lange Zeiträume umfassten, während welchen bedeutende Erosionen und Verwitterungen stattfinden konnten, die von neuem von Basalt überdeckt wurden.

Die Trappe, welche man nur schwierig von den eigentlichen Basalten trennen kann, zeigen in ihrem Verhalten besonders mit den horizontalen Basaltlagern und den Basaltgängen viele Aehnlichkeit. Sie bilden überall, wo sie vorkommen, entweder mauerförmige Gänge oder ungeheure horizontal geschichtete Massen, die aus einzelnen gewaltigen Lagern compacten Trappes bestehen, welche von Conglomeraten und Tuffen geschieden werden, und meistens in riesige Säulenmassen zerlegt sind. Wir nehmen hier als Beispiel einer solchen Trappmasse die Insel Staffa in der Nähe der nordschottischen Küste. Diese Insel bildet einen gewaltigen Hügel, dessen Oberfläche von einer dicken Masse unregelmässig zertrümmerten Trapps gebildet wird, welche hier und da Neigung zu verworrener Säulenbildung zeigt. Diese Schicht von Trümmern und unregelmässig erkalteten Gesteinen ruht auf einer gewaltigen Masse hoher Trappsäu- §. 321.

len, welche an den meisten Orten senkrecht, an einigen aber auch etwas geneigt stehen, und eine Menge von riesigen Pfeilern, das Dach der verworrenen Schicht, tragen. An vielen Orten zeigen diese Säulen regelmässige Querabsonderungen, wie wenn sie aus einzelnen Stücken zusammengesetzt wären. Durch diese Querabsonderungen hat das Meer Macht über die Säulen erhalten, welche es theilweise unterwaschen und an einzelnen Orten

Fig. 466.



Fingalshöhle auf Staffa.

umgestürzt hat, so dass hier und da auf dem Umkreise der Küste Buchten, Einschnitte, und da, wo die obere Decke Zusammenhang genug hatte, um ein Gewölbe herzustellen, Höhlen gebildet wurden, unter welchen die Fingalshöhle (Fig. 466) die bekannteste ist.

Der Riesendamm bei Antrim, im Nordosten von Irland, die Faröer und Island bieten Beispiele von solchen Trappmassen dar, die namentlich bei den letztgenannten Inseln ins Kolossale anwachsen. Die säulenartig abgesonderten Massen, die oft mehre hundert Fuss mächtig sind und durch Tuffe getrennt werden, welche theils Meeresmuscheln, theils Kohlenlager einschliessen, bilden senkrecht abgestürzte Klippen oft von 1000 Fuss Höhe, die unzähligen Seevögeln zu Brutstätten dienen.

Besonders merkwürdig sind die Trappgänge, die man besonders in England, Schottland und Irland vielfältig verfolgt hat

und die den Beweis liefern, dass Trappdurchbrüche seit der Steinkohlenformation bis zur Tertiärzeit stets fortgedauert haben. In dem Steinkohlengebilde von Newcastle sind diese Trappgänge besonders wichtig, da sie die Steinkohlen in Coke verwandelt haben und zugleich Scheidewände für die Grubenwasser abgeben. An der schottischen und irischen Küste endlich hat man eine grosse Menge von seltsamen Trappgängen nachgewiesen, welche oft in der Weise sich zwischen die Kreideschichten eingeklemmt haben, dass sie auf den ersten Blick untergeordnete Schichten in denselben zu bilden scheinen.

4. Die Porphyre.

Bei diesen, wie bei den nachfolgenden Gesteinen, ist besonders ins Auge zu fassen, dass alle solche Erscheinungen, welche auf vulcanische Ausbrüche in ähnlicher Art, wie sie jetzt vorkommen, hindeuten könnten, durchaus fehlen. Schlacken- und Aschenkegel, Krater u. s. w. fehlen durchaus und oft scheint sogar die Masse in mehr oder minder festem Zustande aus der Tiefe hervorgedrungen zu sein. Bei den Porphyren findet man noch häufiger Verhältnisse, welche an die Basalte erinnern, doch sind gerade geflossene Tafeln und Decken bei weitem nicht so häufig als die Gänge, Kuppen und stockförmigen Massen, die häufig eine ähnliche Kegelform zeigen, wie die Basalte. §. 322.

Die Melaphyre verdienen, ihrer geologischen Wichtigkeit wegen, eine besondere Berücksichtigung. Die Seltenheit des Peridots lässt den Melaphyr meist leicht von dem Basalte unterscheiden, dem er im Uebrigen durch seine dunkel schwärzliche Masse sehr ähnlich sieht. Der Melaphyr zeigt sehr häufig eine mandelförmige Structur mit eingesprengten Drusen von Agaten und Hämatiten. Die Mandeln sind meistens an dem Rande der Masse entwickelt und sehr häufig in einer und derselben Richtung abgeplattet, eine Erscheinung, welche auf Bewegung unter starkem Druck nach einer bestimmten Richtung hindeutet. An manchen Orten scheinen die Melaphyre in massivem Zustande als gewaltige Conglomeratmassen aus der Tiefe gedrungen zu sein; wenigstens hat man in Caltonhill bei Edinburgh Melaphyrmassen gefunden, deren Conglomeraten deutlich Reibungsstreifen und geglättete Flächen zeigen und zerquetschte Steinkohlenmassen enthalten, offenbar ein Beweis, dass diese Conglomerate im festen Zustande heftigem Reibungsdruck ausgesetzt waren. Die Agate sind in diesen melaphyrischen Conglomeraten sehr

häufig, und ihre gebänderte Structur scheint zu beweisen, dass die Quarzlösung, welche sie bildete, von aussen her durch Infiltration eindrang. Sehr oft findet man selbst den Punkt, von welchem aus diese Infiltration geschah, deutlich in der Agatdruse angezeigt, und an vielen Stellen ist es sehr erweislich, dass erst nachher, nachdem die Agatdruse schon gebildet war, eine Compression des Conglomerates statthatte, wodurch die Agatdrusen seitlich zusammengedrückt wurden. Eine der berühmtesten Lagerstätten solcher Agate findet sich in der Nähe von Oberstein in der Pfalz, wo man die Mandeln zum Theile aus dem lockeren, durch Verwitterung des Melaphyrs gebildeten Boden gräbt.

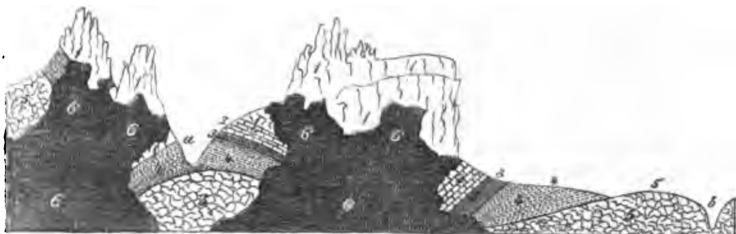
Das ganze Kohlenbecken der Pfalz ist von Melaphyren und melaphyrischen Mandelsteinen durchbrochen, welche zahlreiche Gänge bilden, die theils zwischen die Schichten des Kohlengebirges lagerförmig eingedrungen sind, theils aber auch, besonders im Norden, eine weite Decke bilden, auf welcher die Sandsteinconglomerate auflagern. Die Gänge durchschneiden die Schichten meist sehr scharf und Veränderungen des Nebengesteines sind nur ausnahmsweise zu beobachten. Die Mandelsteine finden sich besonders in der zusammenhängenden Decke, kuppenförmige Durchbrüche sind nur an sehr wenigen Orten nachgewiesen worden.

In der Umgegend von Lugano sowie in Tyrol hat man eine Menge von Melaphyrgängen in Kalk- und Sandsteinen beobachtet, die ebenfalls nicht die geringste Einwirkung auf das Nebengestein ausgeübt haben; und in Sachsen wie an dem Harze hat man Verflechtungen conglomeratartiger Massen von Melaphyr und Sandsteinen gefunden, in welchen ebenfalls keine Contactwirkung sich beobachten lässt.

Im Fassathale in Tyrol, Fig. 467, sind die Verhältnisse des Melaphyrs genauer untersucht worden; die geschichteten Gesteine bestehen dort hauptsächlich aus rothen Sandsteinen, Kalken und Mergeln, die der Triasformation angehören und von gewaltigen Dolomitmassen gekrönt sind. Zwischen diesen geschichteten Gesteinen sind nun theils rothe Porphyre, theils Melaphyre durchgebrochen, welche an einzelnen Orten die Schichten verbogen und Reibungsbreccien erzeugt haben. Während man früher annahm, dass der Melaphyr mit der Erzeugung des Dolomites in nächster Beziehung stehe, hat man jetzt eingesehen, dass die Kalke und Dolomite zum Theil nach dem Durchbruch der Melaphyre abgesetzt wurden. Es würde also hier der Durch-

bruch der Melaphyre grösstentheils in die Epoche der Triasformation selbst fallen; während in Deutschland wie in der Pfalz,

Fig. 467.



Durchschnitt des Fassathales in Tyrol.

1 Dolomit. 2 Geschichteter Kalkstein. 3 Gyps. 4 Rother Sandstein. 5 Rother Porphyr. 6 Melaphyr. *a* Fassathal. *b* Eisackthal.

am Thüringerwald, am Harze und Erzgebirge der Melaphyr zwar nach der Ablagerung des Steinkohlengebirges, aber vor derjenigen des Zechsteins in der Periode des Rothliegenden durchgebrochen ist.

Die Verbindung zwischen rothen und schwarzen Porphyren oder Melaphyren ist an vielen Orten so innig, dass eine geologische Scheidung derselben nicht thunlich scheint. Am Luganer-See lässt sich an manchen Orten, wie bei Maroggia und bei Melano, ein gangförmiges Eindringen des rothen Porphyrs in den Melaphyr beobachten. An anderen Orten finden sich Breccien von beiden Porphyren zusammen, und häufig sieht man rothe Porphyrmassen nach aussen hin von Melaphyren überlagert oder auch Melaphyre in dieselben eingeklemmt. Der Monte Bruciato besteht aus einem Porphyrtuff mit Trümmern von schwarzem Pechstein, die im Innern sehr compact und glänzend sind, nach aussen aber von einer ziegelrothen oder braunen Rinde sich umgeben zeigen, welche eine Menge kleiner, gelblich weisser Albitkrystalle enthält. Ausserdem enthält dieser Tuff, der gewissen Lavatrümmern sehr ähnlich sieht, Fragmente von gewöhnlichem Melaphyr, von Glimmerschiefer, von rothem Porphyr und Granit.

Es scheint unmöglich, bei solchen Verhältnissen eine genaue Grenze zwischen rothem und schwarzem Porphyr zu ziehen, und noch unmöglicher zu bestimmen, welcher dieser Porphyre der ältere sei. Der schwarze Porphyr ist offenbar jünger als das Kalkgebirge, und doch vermisst man sichere Spuren seiner Einwir-

kung auf den Kalk und glaubt hier und da erkennen zu können, dass er aus der Umwandlung geschichteter Gesteine hervorgegangen sei. Der rothe Porphyr erscheint als die wahre Grundlage des Kalkgebirges, und doch bildet er Gänge im schwarzen Porphyr, den man für jünger halten möchte.

Aehnliche Mischungsverhältnisse zeigen sich auch in dem südlichen Tyrol, wo die rothen Porphyre in der Tiefe meistens eine bläuliche Farbe zeigen und oft prismatische Massen oder Conglomerate bilden.

§. 323. Die quarzführenden Porphyre sind ausser den angeführten Stellen in Deutschland hauptsächlich in Sachsen, sowie im Umkreise des Schwarzwaldes entwickelt, fehlen aber auch nicht in fast sämmtlichen gebirgigen Gegenden Deutschlands. Man sieht sie wie den Melaphyr bald in Gängen, bald als Lager zwischen den geschichteten Gesteinen, bald als grössere Decken, die sich oft auf weite Entfernungen hinziehen. Auch Kuppen sind nicht ungewöhnlich, doch zeigen sie selten so rein ausgebildete Kegelformen, wie der Basalt. In der Gegend von Freiberg und Tharand, sowie bei Meissen sind diese Porphyrgänge besonders genau untersucht worden. Die gewöhnlichste Art des Gesteines, die vorkommt, ist eine röthlich erbsengelbe Felsart von dichtem oder sehr kleinkörnigem Gefüge mit einzelnen kleinen Quarzkörnern und undeutlichen kleinen Feldspathkrystallen. Man bezeichnet dies Gestein unter dem Namen des Feldsteinporphyrs. Zuweilen wird dieser Feldsteinporphyr mehr erdig, seine Farbe braunroth, der Bruch matt und wird dann Thonporphyr; an anderen Orten hat er einen muscheligen, splitterigen Bruch von hellroth-grauer Farbe und zeigt auf den glänzenden Bruchflächen kleine Feldspathkrystalle und stark glänzende Quarzkörner; er wird in diesem Falle Hornporphyr genannt. In der Nähe von Töplitz scheinen Uebergänge der Porphyre in Granit, und bei Meissen in Pechstein vorzukommen.

Die Contactwirkungen der Porphyre in Sachsen auf die umliegenden Gesteine beschränken sich hauptsächlich auf mechanische Wirkungen, auf Bildungen von Reibungsbreccien, von Conglomeraten und lassen nur sehr selten chemische Wirkungen gewahren, die auch auf die veränderten Sickerungsverhältnisse zurückgeführt werden können. Im sächsischen Erzgebirge und dessen Umgebung ist besonders der Gneiss vielfach im Contact mit dem Porphyr; der Gneiss bietet hier fast überall wellenförmige Berührungsflächen oder vor- und einspringende Winkel und Bruchflächen; an vielen Punkten ist er fest mit dem Porphyr

verwachsen, und zeigt in der Nähe der Berührung aufgehobene, geknickte und vielfach gewundene Blätter; ja an einigen Stellen sind die Blätter des Gneisses so zersplittert und mit Porphyrmasse durchwoben, dass man einen allmäligen Uebergang von Gneiss in Porphyr zu sehen glaubt; an vielen Orten ist der Porphyr von Saalbändern eingefasst, die aus förmlichen Breccien und Conglomeraten gebildet sind, welche eine Menge von Bruchstücken des durchbrochenen Gesteines enthalten. So findet sich in Sachsen am Südrande des Tharander Waldes bei Dorfhain ein über eine halbe Stunde langer Porphyrgang, welcher von der mächtigen, mehre Quadratmeilen deckenden Porphyrmasse des Tharander Waldes ausgeht und mit deren Rande parallel läuft, so dass eine grosse Gneissmasse von etwa 8 Millionen Quadratfuss Oberfläche zwischen dem Gange und der Hauptmasse eingeschlossen ist. Diese ganze eingeschlossene Gneissmasse ist unvollkommen zertrümmert, zermalmt. und die Trümmer durch Porphyr zusammengeklebt. In der Nähe von Tharand bricht der Porphyr durch Kalk, dessen Schichten aufgerichtet sind. Ein breites Saalband von Kalkconglomerat und Porphyr trennt die beiden Gebilde. An vielen Stellen sind die Bruchstücke der Gesteine gänzlich von dem Porphyr umhüllt, eingeschlossen und offenbar wie von einer geschmolzenen Masse umgeben worden. Eins der schönsten Beispiele dieser Art liefert die beistehende Abbildung eines Steinbruches bei Freiberg (Fig. 468 a. f. S.) selbst, wo mitten in dem mächtigen, vertical stehenden Porphyrgange (*a*) ein gewaltiges Stück von Gneiss (*c*) eingeschlossen ist, welches offenbar von den beiden umgebenden Gneisslippen (*b b*) losgesprengt und von der Porphyrmasse eingehüllt wurde.

In den Vogesen und in dem Schwarzwalde finden sich besonders viele Porphyrconglomerate, die in dem Nydeckthale bei Strassburg, bei Baden-Baden und Badenweiler so allmälig in den rothen Sandstein übergehen, dass es schwer hält, die horizontale Höhengrenze zwischen Porphyr, Conglomerat und Sandstein festzustellen. Die ganze Masse ist zusammengeschmolzen und hat sich beim Erkalten in Säulen oder schmale Prismen getheilt, welche wieder meist plattenförmig sich abgesondert haben. In denselben Gegenden finden sich auch fast quarzfreie braune Porphyre, die eigenthümliche Gänge und Kuppen im Granit und Gneiss bilden, und älter als die Steinkohlenformation sind. Unter den ausserdeutschen Porphyren sind besonders die Porphyrgänge der Insel Aran an der schottischen Küste, die Elvangänge in den Grubendistricten von Cornwallis und die Porphyre des

Estere an der Südostspitze Frankreichs zu erwähnen. An letzterem Orte findet sich ein Porphyrconglomerat, welches einerseits in Granit, andererseits in bunten Sandstein übergeht.

Fig. 468.



Porphyrgang in einem Steinbruche bei Freiberg.

a a Porphyr. *b b* Gneiss. *c* Eingeschlossener Gneissblock. *d a* Mit Gras bewachsene unaufgedeckte Stellen.

Die Porphyre waren theilweise sehr flüssig, theilweise fest als sie aus der Erde hervorbrachen; die ersteren bildeten Gänge und gleichsam geflossene Conglomerate, die letzteren besonders Reibungsconglomerate, welche in Sachsen und Thüringen namentlich so mit dem Rothliegenden in Beziehung stehen, dass ein Theil desselben von diesen Conglomeraten gebildet ist, so dass die Durchbrüche nothwendig in der Absetzungsperiode des Rothliegenden selbst stattgefunden haben müssen. Dies hindert indessen nicht, dass man theils ältere, theils jüngere Porphyre findet, die indess wohl kaum über die Epoche des bunten Sandsteines hinausreichen mögen. Andererseits sieht man in den meisten Porphyrgebieten die Erscheinung auftreten, dass mehrfache Eruptionen verschiedener Porphyre sich finden, welche sich wechselsweise durchsetzen. So finden sich bei Meissen zwei quarzführende Porphyre, der ältere lichtfleischroth, der jüngere röthlich braun, zwischen welchen ein quarzfreier bläulicher Por-

phyr durchgebrochen ist, der im älteren Porphyr Gänge bildet und seinerseits von dem jüngeren Quarzporphyr durchsetzt ist. Alle drei werden dann noch von Pechsteinen durchbrochen. Am Erzgebirge hat man bald drei, bald zwei Porphyre verschiedener Eruptionsepochen nachgewiesen; und am Thüringerwalde will man gar sechs verschiedene Bildungsepochen derselben beobachtet haben.

5. Die Serpentin- und Gabbrogesteine.

Die Serpentine finden sich häufig als Gänge, dann aber auch §. 324.
oft in unregelmässigen Massen, ohne alle Spur von Schichtung, als unförmliche Hügel, Dome oder schwammförmige Kuppen, in deren Nähe die Schichten der Sedimentgesteine zertrümmert, verworfen oder aufgerichtet sind. Die innere Masse dieser Serpentinkuppen wird gewöhnlich aus rundlichen oder abgeplatteten linsenförmigen Fragmenten zusammengesetzt, die oft Spuren von Reibung zeigen und schon in festem Zustande aus der Erde emporgedrungen zu sein scheinen. In anderen Fällen nehmen die Serpentine eine so ausgezeichnete plattenförmige Absonderung an, dass sie förmlich geschichtet erscheinen; und in der That sind die Uebergänge aus massigen Serpentinen in Serpentinschiefer, grüne Schiefer, Thon- und Glimmerschiefer so häufig, dass man an vielen Orten den Serpentin nicht für eine ursprüngliche eruptive Bildung, sondern für eine metamorphische Masse halten muss, die durch nachträgliche chemische Einwirkung entstanden ist. Uebergänge dieser Art sind besonders häufig in den Alpen zu beobachten, in deren südlichem Theile namentlich die Serpentine und Euphotide, die sich in allen geologischen Beziehungen gleich verhalten, eine bedeutende Rolle spielen. Die Pyramide des Mont Viso scheint aus massigem, diejenige des Matterhorns (Mont Cervin) aus scheinbar geschichtetem schieferigem Serpentin zusammengesetzt zu sein. An allen Orten, wo Serpentin überhaupt gefunden wird, ist auch der Gabbro nicht weit entfernt, so dass auf den meisten geologischen Karten beide sogar nicht einmal unterschieden werden.

Ausser dem Alpengebiete finden sich in Deutschland besonders viele Serpentindurchbrüche in dem sächsischen Granulitgebirge, die ihren verschiedenen Verhältnissen nach genau gekannt sind. Alle diese Serpentinstöcke zeigen plattenförmige Schichtenabsonderungen, wobei die Platten selbst aber wieder vielfach zerspalten und zerrissen sind. An vie-

len Orten sind dieselben mit einem Mantel von Gneiss umgeben und dadurch von dem Granulit getrennt. Die Plattenabsonderung ist parallel mit derjenigen der umgebenden Gesteine; die Serpentingänge durchsetzen diese nach allen Richtungen, werden aber selbst wieder von Chloritgängen namentlich in vielfachster Weise durchzogen. Viele Gänge werden auch aus Conglomeraten gebildet, in welchen Stücke von Serpentin und Granulit durch Chlorit mit einander verbunden sind.

Die Epoche, innerhalb welcher die Serpentine hervorbrachen, kann in den meisten Fällen deshalb nicht bestimmt werden, weil die abgelagerten Sedimentgesteine in der Nähe oft nur in sehr unvollkommener Aufeinanderfolge sich zeigen. So findet sich in dem Departement des Tarn in der Nähe von St. Martin (Fig. 469)

Fig. 469.



Die Serpentinmasse von Saint-Martin-de-la-Guepie.

1 Granit. 2 Gneiss. 3 Talkiger Gneiss. 4 Serpentin. 5 Bunter Sandstein. 6 Tertiärer Süsswasserkalk. *a* Aveyronfluss.

das Bett des Aveyron in Serpentin (4) eingegraben, der zu beiden Seiten längs der Ufer sich erhebt und fortlaufende Wälle bildet, an welche zu beiden Seiten Gneissschichten (2 und 3), sowie weiter hin Lager von buntem Sandstein (5) sich anlehnen. Ueber alle diese aufgerichteten Schichten lagern sich in horizontaler Erstreckung Süsswasserkalke (6), deren Absatz offenbar nach der Aufrichtung des Gneisses und des bunten Sandsteines durch den Serpentin statthatte; indessen kann dennoch diese Beobachtung nicht dazu dienen, die Epoche des Durchbruches zu bestimmen, indem zwischen der Ablagerung des bunten Sandsteines, welcher vor dem Durchbruche statthatte, und derjenigen des tertiären Süsswasserkalkes eine lange Reihe geologischer Formationen sich einschiebt, über deren Verhalten uns an der bezeichnenden Stelle keine Auskunft gegeben ist.

In dem nördlichen Italien beobachtet man namentlich auf toscanischem Gebiete sehr häufig Gänge und Lager von Serpentinen und Euphotiden, in deren Nähe der Nummulitenkalk und die Schiefer des Apenninensystemes in Jaspis verwandelt worden sind. Sehr oft bilden der Serpentin und der Euphotid Gänge, welche die Kalk- und Schieferschichten durchbrechen, in den meisten Fällen aber finden sie sich als Lager zwischen den Schichten, und zwar meistens in der Art, dass der Serpentin ein Saalband von Euphotid hat, welches mit ihm theilweise zusammengeschmolzen ist und das auf der anderen Seite von dem röthlichen Jaspis eingefasst wird. Es geht demnach aus diesen wie aus anderen Beobachtungen hervor, dass die Bildung von Serpentingängen in den verschiedensten Zeiten statthatte und nicht auf eine einzelne Epoche beschränkt werden kann.

6. Die Grünsteine.

Wenn es in petrographischer Hinsicht schon schwierig ist, §. 325. die Grünsteine in verschiedene Gruppen zu zerlegen, so lässt sich in geologischer Hinsicht durchaus kein Unterschied feststellen, indem sie sämmtlich in gleicher Weise sich verhalten. Sie bilden nur selten domförmige Massen, sondern meistens Gänge oder schwammförmige Hügel, häufig aber Zwischenlagerungen zwischen den Schichten, die mit denselben vollkommen gleichlaufen und sich über weite Strecken hinziehen. Der Zusammenhang solcher Einlagerungen mit von unten hervorbrechenden Gängen lässt sich oft nur sehr schwierig nachweisen. Unzweifelhafte Gänge hat man vielfach beobachtet. In der Nähe von St. Malo finden sich an dem Cap Fréel einige schöne Dioritgänge, welche senkrecht von unten nach oben die horizontalen Lager des alten rothen Sandsteines durchbrochen haben, der in dieser Gegend die Uferklippen bildet und von dem ein losgesprengtes überall umhülltes Stück in Jaspis umgewandelt ist. Aehnliche Gänge hat man namentlich in Norwegen, in Sachsen, am Harze und in den Karpathen beobachtet. Diese Gänge folgen fast stets einer gewissen, die Schichtung durchschneidenden Richtung. In ihrer Nähe sind die Schichten bald rechtwinklig abgeschnitten, bald verbogen und aufgerichtet, indessen nur selten so verändert, dass man auf eine bedeutendere Hitze des eingedrungenen Steines schliessen könnte. Namentlich ist der Kalkstein fast niemals durch die Grünsteine verändert und die vielfachen Umwandlungen in Jaspis und ähnliche Kieselgesteine könnten ebensowohl von wässeriger Einwir-

kung solcher Substanzen, die aus der Zersetzung der Grünsteine hervorgegangen sind, abgeleitet werden.

Bei den lagerförmigen Einschaltungen der Grünsteine sind besonders die Schalsteine zu erwähnen, welche in dem rheinischen Schiefergebirge so häufig vorkommen und eine so innige Mischung von Grünstein und Kalk darstellen, dass man annehmen muss, der Grünstein habe sich mit dem niedergeschlagenen Kalkschlamm vor der vollständigen Erhärtung beider mehr oder minder innig gemischt; es muss demnach der Durchbruch der Grünsteine hauptsächlich während der devonischen Periode stattgefunden haben, doch findet man auch einzelne Orte, wo die Gänge bis in die Steinkohlenformation hineingegriffen haben.

In den Alpen, wo die Grünsteine eine bedeutende Rolle spielen, zeigen sie sich in ihrem Verhalten sehr den Serpentinen analog. Es finden sich dort theils unförmliche Massen, theils aber auch die mannigfaltigsten Uebergänge in Hornblende-Schiefer und andere Schiefer, wie wir diese schon bei den Serpentinen nachgewiesen haben. Alle diese Uebergänge lassen stets den Zweifel an der eruptiven Natur dieser Gesteine wach werden und die Ansicht entstehen, dass dieselben aus nachträglicher Umwandlung geschichteter Gesteine hervorgegangen seien.

7. Die granitischen Gesteine.

§. 326. Es giebt wohl kein Gestein, welches so unbestimmte Zusammensetzungen darbietet, wie der Granit; keines, das in Hinsicht der Aggregation seiner Bestandtheile, der Grösse der einzelnen zusammensetzenden Elemente, der Menge der zufällig eingesprengten Bestandtheile und der Farbe derselben, so mannigfaltige Wechsel darböte, wie der Granit, und das in Folge dieser Zusammensetzung auch so verschieden in Hinsicht auf ihre Dauer sich verhält. Es giebt feste Granite, welche kaum verwittern, andere, welche Fuss hoch mit einer Schicht zertrümmerten Gesteines bedeckt sind, und endlich noch andere, welche sich ungleich zersetzen und inmitten der verwitterten Masse härtere Knoten zurücklassen, welche ziemlich gut der Verwitterung widerstehen und als Bausteine benutzt werden können. Der Granit bildet meistens unförmliche Massen, deren Gestalt je nach der Verwitterung verschieden ist. In den Alpen, wo die Verwitterung nur sehr gering ist, bilden diese Massen scharfe, kühne Zacken, steile Abhänge, gewaltige Thalrisse. In Central-Frankreich, in dem Odenwalde und Schwarzwalde, den Vogesen und

anderen granitischen Gegenden bildet im Gegentheil der Granit rundliche Massen mit sanften Abhängen, flachen Thälern und kuppelförmigen Erhebungen. Im Allgemeinen lehnen sich die übrigen Gesteine von allen Seiten her auf die Granitmassen auf, welche meist keine Spur von Schichtung zeigen, oft aber allmälig in Gneiss übergehen, indem sie Bänderstructur annehmen und parallele Sprungflächen zeigen, nach welchen sie sich gleichmässig spalten lassen.

Gänge von Granit, welche andere Gesteine in allen möglichen Richtungen durchsetzen, sind fast in allen Granitgegenden eine gewöhnliche Erscheinung, und nicht minder häufig finden sich Conglomerate an den Berührungspunkten, wo losgesprengte Stücke der benachbarten Gesteine in den Granit eingeschlossen sind. In solchen Gängen erscheint der Granit meist weit feinkörniger und seine Krystallisation weniger ausgebildet, was darauf hinzudeuten scheint, dass die Granitmasse in den feinen Gängen schneller erkaltete und so die Krystalle sich weniger leicht ausbilden konnten. Ausgezeichnet schöne Beispiele solcher Gänge hat man am St. Michaelsberg in Cornwallis, am Einank in Norwegen, bei Homme und an vielen anderen Orten beobachtet. Meistens durchbrechen diese Gänge nur Gneisse und Schiefer, die den ältesten Formationen angehören, so dass demnach das Alter dieser Granitausbrüche äusserst weit in die Erdgeschichte hinaufragt. Auf der Insel Elba hat man indess einen grobkörnigen Granit nachgewiesen, welcher Gänge in den nummulitischen Gesteinen bildet, die darüber lagern und noch obenein die Serpentine durchbricht, welche ebenfalls in diesem Nummulitenkalke Gänge gebildet haben. Bei Hohenstein in Sachsen zeigt sich ein durchaus isolirt vorkommendes Bruchstück von Jurakalk, welches in der Weise zwischen das dort vorkommende Quadergebirge und den Granit eingekeilt ist, dass man annehmen muss, dieser Jurakalk sei von dem Granit bei seinem Durchbruche mit aus der Tiefe heraufgebracht, und über die Quaderschichten hinübergeschoben worden. Diese Verhältnisse scheinen zu beweisen, dass der Granit bei Hohenstein, welcher mit dem grossen nordsächsischen Granitplateau zusammenhängt, nach dem Absatze des Quadergebirges, also wahrscheinlich in der älteren Tertiärepoche hervorbrach, während er auf der Insel Elba in noch späterer Epoche nach dem Absatze des Nummulitengesteines Gänge in demselben bildete.

Granitgänge in anderem Granite oder in analogen krystallinischen Gesteinen sind ebenfalls sehr häufig. Die bekannteste

Localität in dieser Hinsicht ist der Fuss des Heidelberger Schlosses, wo innerhalb eines älteren Granites mit schwarzem Glimmer ein weisslicher Granit Gänge bildet, der seinerseits wieder von grobkörnigem Granit durchbrochen und verworfen wird. Bei Warmbrunnen und Karlsbad hat man ähnliche Beobachtungen gemacht und in dem Thale von Valorsine findet man Granitgänge im Protogin, während an dem Montblanc Gänge von Protogin im Protogin beobachtet werden. An einzelnen Orten, wie z. B. bei Brinzio am Luganersee, findet man sehr feine Granitgänge, die auf eine bedeutende Flüssigkeit der Masse hindeuten; während an anderen Orten diese mehr breiig gewesen zu sein scheint. An vielen Orten bildet der Granit förmliche, fast horizontal ausgebreitete, geflossene Lager, die sich über andere Gebirgsschichten, namentlich Thonschiefer, Gneiss u. s. w., hinüber erstrecken. Am Irtisch, im südlichen Sibirien, am Erzgebirge und an den Ufern der Elbe, am Harze und in Norwegen sind derartige Auflagerungen in grossem Maassstabe beobachtet worden.

Besondere Berücksichtigung verdient der Granit in den Alpen, wo er wie in vielen anderen Gebirgen die Mittelpunkte bildet, um welche herum die übrigen Gebirgsglieder sich an- und auflagern. Man zählt solcher Granitkerne eine bedeutende Menge in den Alpen, beobachtet aber im Allgemeinen seltener massiven Granit, sondern vielmehr sogenannten Gneissgranit, der die Anordnung der Elemente wie im Granit zeigt, sonst aber eine gewisse schalenförmige, schichtenähnliche Absonderung gewahren lässt, die auch in anderen Gegenden, wie namentlich in Schweden und Norwegen, nachgewiesen wurde. Obgleich nun in den Alpen vielfache Beweise von eruptiven Granitgängen sich finden, so sieht man doch andererseits diesen Gneissgranit in Verhältnissen, welche ein früheres Weichsein der Masse durchaus unannehmbar erscheinen lassen und auf den Gedanken hinleiten, dass das Gestein durch Umwandlung geschichteter Massen entstanden sein müsse. Die Uebergänge aus compactem Granit in Gneissgranit, Gneiss und Glimmerschiefer und andere deutlich geschichtete Schiefer sind in zu grossem Maassstabe entwickelt und finden zu allmälig statt, als dass man eine andere Ansicht über ihre Bildung fassen könnte. Andererseits finden sich wieder in den Alpen stundenlange Kalkkeile, die in den Granit in einer Weise eingeschlossen sind, dass man glauben muss, derselbe habe die gewaltigen Stücke bei dem Durchbruche abgesprengt und sei dann noch darüber weggeflossen. Beispiele solcher Kalkkeile finden sich namentlich am Eingange des Oberhasli- und Ur-

bachthales, an dem Fusse der Jungfrau, sowie an manchen Orten in Mittelbünden.

Der Syenit, der mineralogisch von dem Granit durch seinen §. 327.
Gehalt an Hornblende sich unterscheidet, lässt sich seinem geologischen Verhalten nach durchaus nicht von demselben trennen, zumal da die Uebergänge so häufig sind, dass man oft kaum weiss, mit welchem von diesen beiden Gesteinen man zu thun hat.

Ganz auf dieselbe Weise verhält sich auch der Granulit oder §. 328.
Leptinit, welcher in Sachsen ein elliptisches Vorgebirge des Erzgebirges bildet, dessen Axe etwa durch eine von Waldheim nach Burgstatt gezogene Linie angedeutet wird. Dieses Granulitgebirge ist von dem eigentlichen Erzgebirge durch das Thal von Chemnitz und Hainichen getrennt, das besonders mit Steinkohlengebirge und Rothliegendem erfüllt ist. Das Granulitgebirge selbst ist von einem aufgerichteten Glimmerschieferwall umgeben und an vielen Orten theils von Granit, theils von Serpentingängen durchbrochen.

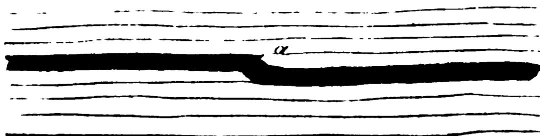
8. Alter der ungeschichteten Gesteine.

Die Altersbestimmung der ungeschichteten Gesteine unter- §. 329.
liegt um so grösseren Schwierigkeiten, je weiter man sich von den eigentlich vulcanischen Gesteinen entfernt. Da diese letzteren unzweifelhaft durch Spalten aufgestiegen sind, so gilt, wie sich leicht erkennen lässt, als oberster Grundsatz, dass die Ausbruchsepoche jünger ist als der Absatz derjenigen Schichten, durch deren Spalten der Ausbruch geschah. Indessen lässt diese Begründung des Alters sehr häufig einen ausserordentlich weiten Spielraum zu, wie z. B. in der Eifel, wo die meisten Laven durch Spalten der devonischen Grauwacke emporgedrungen sind und an den meisten Orten sich weiter keine Gebilde finden, welche mit überzeugender Gewissheit darthun könnten, dass diese Vulcane wirklich ganz in jüngster Zeit hervorgebrochen sind. Zudem ist es auch in vielen Fällen durchaus unmöglich, die Spalten zu constatiren, so dass man dann an andere Charaktere sich halten muss, die wir in Kürze erwähnen wollen.

Die Aufeinanderlagerung beweist stets, dass die Lava oder Tuffschicht, welche auf einer geschichteten Lage Sedimentgesteine ruht, jünger als diese letztere ist. Wenn z. B. in der Umgegend des Vogelsberges an vielen Stellen, wie namentlich in der Nähe von Laubach, die basaltischen Laven weithin über

die tertiären Braunkohlenlager weggeflossen sind, so beweist dies augenscheinlich, dass der Ausbruch des Basaltes geschah, nachdem die Braunkohlen schon abgesetzt waren. Wenn man also mit vollem Rechte behaupten kann, dass die auflagernde Lava jünger sein müsse, als die Schicht, über welcher sie lagert, so wäre es durchaus falsch, schliessen zu wollen, dass eine Lavaschicht älter sein müsse, als die Schicht, welche auf ihr lagert. Wir kennen in der That Fälle genug, wo feuerflüssige Massen durch Schichtenlager aufgestiegen sind, ohne dieselben gänzlich zu durchbrechen, und wo sich die geschmolzene Lava zwischen die schon abgesetzten Schichten einschob und oft auf weite Strecken hin sich auf diese Weise verbreitete. Gewöhnlich aber findet sich in solchen Fällen der Umstand, dass die eingeschobene Masse nicht genau zwischen denselben Schichten der Gruppe bleibt, sondern bald hier, bald dort zwischen anderen Schichten durchbricht, wie dies die nebenstehenden Durchschnitte, Fig. 470 und Fig. 471, zeigen, die der Natur entnommen sind.

Fig. 470.



Trappgang an der schottischen Küste.

Fig. 471.



Trappgänge am Ufer der Insel Sky.

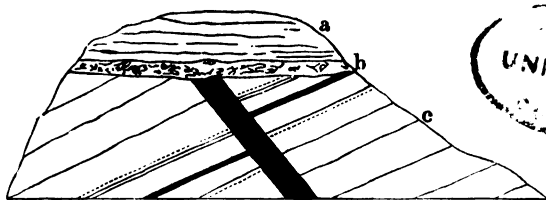
Die Schichten, welche von feuerflüssigen Massen durchbrochen werden, zeigen fast immer Veränderungen in der Nähe der Berührungsflächen und häufig finden sich abgerissene Stücke entweder in den erstarrten Laven, namentlich der Spaltengänge, oder auch in den Auswürflingen der Umgebung. Alle diese Umstände beweisen die spätere Entstehung des vulcanischen Gebildes. Wenn z. B. am Ziegenkopf und am Meissner die Braun-

kohlen und die dieselben einschliessenden Thonschichten in der Nähe des Basaltes geröstet und gebrannt sind, so beweist dies augenscheinlich, dass der Basalt erst ausfloss, nachdem diese Schichten abgesetzt waren; und wenn unter den Schlacken des Rothenberges sich viele rothgebrannte Thonschieferstücke finden, so ist dies wieder ein augenscheinlicher Beweis, dass der Ausbruch nach dem Absatze dieses Thonschiefers stattfand. Eine besonders häufige Erscheinung sind die Conglomerate, welche an den Spaltenrändern durch Mengung der Bruchstücke mit den aufsteigenden Massen hervorgebracht worden sind.

Es versteht sich von selbst, dass die Versteinerungen, welche namentlich in den Tuffen sich finden, häufig vortreffliche Leiter für die Bestimmung des Alters abgeben können, mögen nun diese Tuffe im Meere, in Süsswassern oder in freier Luft sich gebildet haben. Die Tuffe in der Umgegend von Neapel, sowie diejenigen der Auvergne und der Eifel legen in dieser Hinsicht vollgültiges Zeugniss über die geologische Epoche ab, in welcher die Ausbrüche statthatten, welchen sie ihre Entstehung verdankten.

Zuweilen finden sich noch ganz besondere Verhältnisse, welche häufig in ziemlich bestimmter Weise die Epoche anzeigen können, in welcher ein Ausbruch statthatte. So finden sich in dem englischen Steinkohlengebirge sogenannte Trappgänge, welche die aufgerichteten Schichten des Steinkohlengebirges durchsetzen und verwerfen, also ohne Zweifel nach dem Absatze des Steinkohlengebirges erzeugt worden sind. Diese Gänge sind, wie der nebenstehende Durchschnitt, Fig. 472, zeigt, nebst dem

Fig. 472.



Kohle. Trappgang. Kohle.

Durchschnitt des Warrington-Hügels bei Durham.

a Zechstein. *b* Rothes Todtliegendes. *c* Kohlengebirge.

Kohlengebirge selbst einer bedeutenden Denudation unterworfen gewesen, so dass sie wie abgeschnitten an der Oberfläche enden

und nicht in die darüberliegenden Schichten des rothen Todtliegenden eindringen. Dieses, sowie der darauf lagernde Zechstein befinden sich noch in horizontaler Lage, würden also erst nach der Aufrichtung des Kohlengebirges, nach der Bildung des Trappganges und nach der vorgängigen Denudation abgesetzt. Da nun aber das rothe Todtliegende unmittelbar nach dem Kohlengebirge abgesetzt wurde, so ist damit die Bildung des Trappganges und die Denudation genau für den Zeitpunkt festgestellt, welcher zwischen der Ablagerung des Kohlengebirges und des rothen Todtliegenden verstrich.

§. 330. Die hier angeführten Regeln zur Bestimmung des Alters eruptiver Gesteine können wohl unbestritten für diejenigen Fälle gelten, wo die Gesteine auch unzweifelhaft eruptiver Natur sind. Sie lassen sich aber schwerlich für diejenigen ungeschichteten krystallinischen Gesteine anwenden, deren eruptive Natur angezweifelt werden kann, wie namentlich für den Granit, Serpentin und selbst den Porphyr. Hier kann man nicht verkennen, dass die Beurtheilung der Verhältnisse bedeutend schwieriger wird, sobald man annimmt, dass diese Gesteine nicht in krystallinischem Zustande hervorgebrochen, sondern erst durch allmälige Umwandlung entstanden sind und dass diese Umwandlung noch stets, wenn auch in unglaublich kleinem Maassstabe fortschreitet. Wir müssen offen gestehen, dass für diese Fälle genauere Regeln für die Altersbestimmug der betreffenden Gesteine noch nicht aufgestellt werden können und es ferneren Untersuchungen überlassen bleiben muss, dieselben aufzufinden. Offenbar reichen für solche Fälle, wie z. B. die oben erwähnten Kalkkeile im Granit des Berner Oberlandes, die oben aufgestellten Regeln in keiner Weise aus, und würden sich die Resultate je nach der Anwendung der einen oder der anderen Theorie durchaus einander gegenüber stehen. Für denjenigen, welcher dem Granit eine eruptive Entstehung zuschreibt, würden die Kalkkeile nur losgerissene Massen im Grossen darstellen, für den anderen aber, der den Granit aus der Metamorphose früher bestandener Kalkgebirge auffasst, würden die Kalkkeile nur Reste der ursprünglichen Bildung sein, in welchen die Metamorphose noch nicht Platz gegriffen hätte.

Sucht man nach den angegebenen Regeln die verschiedenen eruptiven Gesteine in die Reihe der Sedimentgebilde einzuordnen, so ergiebt sich etwa folgende Stufenleiter.

Neueste Quaternäre und jetzige Periode. Die jetzigen Vulcane mit ihren Unterlagen und Tuffen.

Pliocen- und Subapenninen-Periode. Die vulcanischen Gebiete Toscanas, der Campagna von Rom, von Catalonien (bei Olot).

Braunkohlen-Periode des Mainzer Beckens und der Süsswasserkalke der Auvergne. Vulcane der Eifel, Vogelsberg, Westerwald, Basalte Mitteldeutschlands, Vulcane Centralfrankreichs und Ungarns. Serpentine und Euphotide der Apenninen. Granite der Insel Elba.

Eocen-Periode. Vulcanische Gebilde des Vicentinischen.

Kreide-Periode. Ophiolithe in Griechenland.

Jura-Periode. Trappe auf den Hebriden. Hypersthenit der Insel Sky. Porphyre von Davos und der Windgelle in der Schweiz.

Trias-Periode. Trappe in Devonshire.

Permische Periode. Hypersthenit im Thüringerwalde. Sächsische Porphyre. Deutsche Melaphyre.

Kohlen-Periode. Trappe des Kohlengebirges in England. Porphyre bei Chemnitz.

Devonische Periode. Grünsteine und Schaalsteine des rheinischen Schiefergebirges, des Vogtlandes. Porphyre der Lenne. Braune Porphyre der Vogesen.

Silurische Periode. Trappe des Silurbeckens in Böhmen, Shropshire. Porphyre bei Skrey in Böhmen, in Südschottland, Cumberland und den Vogesen.

9. Die krystallinischen geschichteten Gesteine.

Alle diese Gesteine, zu welchen namentlich die Gneisse und §. 331.
die krystallinischen Schiefer gehören, stehen gewöhnlich in der innigsten Beziehung zu den ungeschichteten krystallinischen Kernen der Gebirge, um welche sie, im Grossen betrachtet, einen mannigfach zerrissenen Mantel bilden, dessen Schichten schalenartig um den Kern herumgelagert sind. Diese Art von Lagerung lässt sich in Deutschland besonders deutlich am Harze, am sächsischen Granulitgebirge und ferner in den Alpen nachweisen. Je näher man dem mittleren Kerne kommt, desto auffallender wird die krystallinische Bildung dieser Massen, desto weniger bemerkbar ihre Schichtung und Schieferung, während sie nach aussen hin mehr und mehr in reine Schiefer übergehen. Gewöhnlich sind die Schichten stark zerklüftet, zerrissen und in ihren Schichtungsverhältnissen verworren. Sie zeichnen sich an den meisten

Orten durch die Häufigkeit der darin enthaltenen Erzgänge aus, und wurden deshalb auch früher die Ganggesteine genannt.

§. 332. Der Gneiss ist unter diesen Gesteinen dasjenige, welches am nächsten an den Granit herangeht, und seitdem man in den meisten Graniten eine gewisse schalige Absonderung nachgewiesen hat, die das Gestein in dicke, schichtenähnliche Bänke zerlegt, beruht die Unterscheidung von Granit und Gneiss hauptsächlich nur noch auf der Anordnung der Elemente im Innern der Masse. Man hat deshalb den Namen des Gneisses auf diejenigen Gesteine angewendet, welche gebänderte Structur und oft sehr regelmässige Schichtung zeigen und abwechselnde Lager von Glimmerschiefer, Marmor und ähnlichen Gesteinen enthalten. Die Blätter dieses Gneisses sind oft vielfach gebogen, so dass bedeutende Kräfte auf die Schichten gewirkt haben müssen.

Im Allgemeinen zeigen in den Alpen die Gneisse, welche gewöhnlich den Kern des Gebirges ausmachen, eine eigenthümliche Fächerstructur, wodurch die in der Mitte gelegenen Gneisstafeln senkrecht stehen, während die nach aussen gelegenen Tafeln nach innen einschiessen. Nach aussen hin gehen diese Gneissmassen überall in andere Schieferarten über, während zugleich eine Menge von Einlagerungen in ihnen auftreten, wodurch dann an anderen Orten ein grosser Reichthum der Gneissformation an Erzgängen und verschiedenen Einlagerungen hervorgebracht wird.

In Norwegen, Schweden, Finnland, Nordamerika, dem Erzgebirge finden sich weit ausgebreitete Gneissgebiete, wo sämmtliche Schichten nach einer einzigen Richtung streichen und meist so sehr aufgerichtet sind, dass die Schichten nicht über- und untereinander, sondern nebeneinander wie parallele Mauern liegen, die nach unten in unbekannte Tiefen fortsetzen. Zuweilen setzt das Streichen dieser Schichten plötzlich nach einer andern Richtung hin um, so dass die Gneissblätter wie eingeknickt erscheinen, und es lässt sich diese ganze Lagerung kaum in genügender Weise durch die bis jetzt aufgestellten geologischen Theorien erklären.

Besonders merkwürdig erscheinen oft die in den Gneissen eingeschlossenen Kalklager, die gewöhnlich krystallinisch sind und eine ungeheure Menge verschiedener krystallisirter Mineralien enthalten. Zuweilen erscheinen dieselben ganz regelmässig eingeschichtet, in anderen Fällen sieht es aus, als sei der Kalkstein erst ein später Eindringling in den Gneiss. Besonders häufig

finden sich auch in den grösseren Gneissgebieten Einlagerungen von Magneteisen, das an vielen Orten förmliche Berge bildet.

Man hat das Alter der verschiedenen Gneissbildungen zu bestimmen gesucht und zwischen Urgneiss und jüngerem Gneiss unterschieden; wenn indessen auch einige abweichende Lagerungen vorkommen, wie z. B. in der Nähe von Frankenberg und Zwickau in Sachsen, so kann man doch im Allgemeinen festhalten, dass der Gneiss da, wo er vorkommt, die untersten Lager der geschichteten Gesteine ausmacht. Gewöhnlich freilich sind diese Lager so steil aufgerichtet, dass nur eine Anlagerung, nicht eine Ueberlagerung stattfindet. Hinsichtlich der Entstehung des Gneisses selbst scheint diejenige Ansicht, welche denselben aus der Umwandlung geschichteter Gesteine hervorgehen lässt, mehr und mehr Beifall zu gewinnen; wenn auch dadurch nicht ausgeschlossen wird, dass diese Gneissschichten durch Hebungen bedeutend in ihrer ursprünglichen Lagerung verändert wurden.

Der Glimmerschiefer wechselt seinem äusseren Verhalten §. 333. nach ungemein und geht sehr häufig in Gneiss, Hornblendeschiefer, Talkschiefer und Thonschiefer über. Es ist meistens ein hartes, schwer verwitterndes Gestein, das wohl geschichtet und noch obenein in schiefrige Blätter zerlegt ist und wilde scharfe Kämme mit schneidendem Rücken und scharf ausgezackten Spitzen bildet. Die Gestalt der Gebirge des Berner Oberlandes ist meist durch die plattenförmige Absonderung des gneissigen Glimmerschiefers, welcher die grössten Höhen bildet, bedingt.

Die übrigen Schieferarten, welche wir soeben nannten, zeigen Verhältnisse, ganz ähnlich denjenigen des Glimmerschiefers, und das gemeinsame Muttergestein derselben scheint der Thonschiefer zu sein, der zuweilen mit ihnen abwechselt und im ersten Beginne der Umwandlung einen gewissen Atlasglanz zeigt, der mit zunehmender Härte des Gesteins sich entwickelt.

Es kann gar keinem Zweifel unterliegen, dass alle diese Gesteine, welche sich fast in allen Gebirgen in weitem Maassstabe entwickelt finden, nicht in der Weise abgesetzt wurden, wie sie jetzt erscheinen, sondern dass sie durch eine allmälige Umwandlung erst krystallinisch wurden. Ihre Ablagerung als Sedimente geht schon aus dem Umstande hervor, dass man an vielen Orten in solchen krystallinischen Schiefern Versteinerungen entdeckt hat. So wurden zuerst im Jahre 1814 auf der Höhe der Nufenen, eines Passes zwischen Oberwallis und Tessin,

Belemniten gefunden, welche in einem dunkelgrauen, mit Granat, Chiastolith und Feldspathkrystallen erfüllten Glimmerschiefer stecken, der nach und nach in einen grossflasrigen Gneiss übergeht. Seither wurden ähnliche Beobachtungen an vielen anderen Stellen der Alpen gemacht und jetzt, wo man darauf aufmerksam geworden ist, kann man wohl sagen, dass in den meisten Alpenschiefern Versteinerungen gefunden worden sind. Im Allgemeinen unterscheidet man in den Alpen unter den krystallinischen Schiefern zwei Classen, einerseits die grünen Schiefer, welche hauptsächlich mit dem Serpentin und dem Hornblendegestein in Verbindung stehen, andererseits die grauen Schiefer, welche häufig in grüne Schiefer sich umsetzen.

§. 334. Die grünen Schiefer zeigen sich gewöhnlich in Form grünlich grauer bis dunkelgrüner Thonschiefer mit schuppiger oder krystallinischer Structur, die meist mit Säuren aufbrausen, und bald vielen Chlorit, bald auch vielen Feldspath enthalten, so dass sie förmliche grüne Gneisse bilden. An vielen Orten, wie namentlich an der Monte-Rosa-Kette, gehen diese grünen Schiefer in Hornstein, Strahlstein oder Serpentinschiefer über, die dann dem massigen Serpentine zunächst anliegen. Versteinerungen hat man noch nicht in ihnen erkannt, wohl aber haben sich dieselben, wenn auch selten, in den grauen Schiefern gefunden, die häufig vollkommen krystallinische Structur besitzen.

Einlagerungen von körnigen Kalksteinen, von Marmor, Alabaster, Gyps und Anhydrit zeigen sich nicht selten im Bereich der Gneiss- und Glimmerschiefergebiete. Während man früher vielfach glaubte, diese Einlagerungen Eruptionen von Kalkstein zuschreiben zu können, hat man jetzt durch genauere Untersuchung der Verhältnisse bei Carrara, bei Auerbach in der Bergstrasse, in den Alpen, am Monte Rosa, im Berner Oberlande, am Langensee, in Graubünden und Tyrol nachgewiesen, dass diese körnigen Kalksteine durch Umwandlung ursprünglicher Schichten entstanden sind, und gleiche Nachweise sind für die Dolomite der Schweiz und Tyrols, für die Gyps- und Anhydritmassen der Alpen geliefert worden.

10. Die Erzlager.

§. 335. Man kann im Allgemeinen die Erzlager in mehre Abtheilungen zerlegen, in unregelmässige Massen, welche Stöcke, verzweigte Adern oder Drusen bilden, in Gänge, welche ausgefüllte

Spalten darstellen und in sogenannte Seifengebirge, wo das Erz in meist aufgeschwemmten Massen oder in Schutt zertheilt liegt. Die Gänge sind es besonders, welche den eigentlichen bergmännischen Betrieb nöthig machen.

Man bezeichnet die Gänge als Silber-, Kupfer-, Bleigänge u. s. w., je nach den Metallen, auf deren Gewinnung man sie ausbeutet; man darf aber dabei nicht vergessen, dass die Erze in den meisten Fällen nur einen geringen Theil der Masse eines Ganges ausmachen, und dass je nach dem Werthe des ausgebeuteten Metalles die verhältnissmässige Quantität in dem Gange sehr verschieden sein kann. Ausserdem hängt noch die Möglichkeit der Ausbeutung eines Ganges von einer Menge von Umständen ab, unter welchen die Anordnung des Ganges, sein Streichen und Fallen, die Höhe, in der er sich findet, die Natur des Muttergesteins, die Grösse der Arbeiten, welche nöthig sind, um zu dem Erze zu gelangen und die Wasser zu lösen, die Leichtigkeit der Communication, die Möglichkeit der Verarbeitung auf dem Platze oder in der Nähe, die Höhe des Arbeitslohnes etc. auf das Sorgfältigste berücksichtigt werden müssen. Ein Erzgang in günstigen Verhältnissen kann also irgendwo mit vielem Vortheil ausgebeutet werden, während ein anderer Gang, in welchem die nämliche Quantität Erz, aber unter ungünstigen Verhältnissen enthalten wäre, verlassen werden müsste. Man bezeichnet die Mineralien, welche die Gänge ausfüllen und innerhalb welcher das eigentliche Erz eingestreut ist, mit dem Namen des Ganggesteines (*Gangue*), und abgesehen von den oben angeführten Verschiedenheiten, welche den Aggregationszustand des Ganggesteines bedingen, stellt man im Allgemeinen die Regel auf, dass ein Erzlager dann ausgebeutet werden kann, wenn es folgende Mengen von Erz enthält: Eisenerz $\frac{1}{3}$, Zink $\frac{1}{20}$, Blei $\frac{1}{80}$, Kupfer $\frac{1}{100}$, Silber $\frac{1}{1000}$, Gold $\frac{1}{10000}$.

Die Ganggesteine sind meistens erdige oder krystallinische Massen, zuweilen selbst wieder metallische Substanzen, und sie lassen sich in den meisten Fällen durch ein ganz eigenthümliches Verhalten erkennen. Sie sind es, welche die Hauptmasse der Gesteine eines Ganges bilden, und das Ganggestein ist es, welches den Bergmann in seinen Nachforschungen leitet. Folgende Mineralien finden sich am häufigsten als Ganggesteine. Vor allen der Quarz in allen nur möglichen Formen und Gestalten, meistens in kleinen weisslichen Krystallen, oft auch durchscheinend, splitterig, als Amethyst, Jaspis oder Bergkrystall; — ferner alle Arten sogenannter Spathe, Kalkspath, Eisenspath, Spath-

eisenstein, Flussspath, Schwerspath; mehre Eisenoxyde in erdiger oder krystallinischer Form, thonige Massen oder auch Chlorite, Talke, Amphibol-, Serpentin- und Hornblendegesteine, letztere jedoch nur seltener und an beschränkten Orten. Sehr oft wird das Ganggestein auch von Bruchstücken der Felsarten, in welchen der Gang bricht, gebildet und es ist schon öfter vorgekommen, dass die Bergleute in dem ersten Momente solche aus Trümmern zusammengesetzte Ganggesteine für alte verlassene Gänge hielten, die man schon ausgebeutet und nachher verschüttet habe. Das Erz selbst findet sich meist in dem Ganggestein in einzelnen wohl charakterisirten Mineralspecies vertheilt, zuweilen aber auch unsichtbar in der Masse selbst eingeschlossen. Seine Menge im Verhältniss zu dem Ganggestein wechselt oft in sehr bedeutenden Grenzen innerhalb des Ganges; — der Gang wird reich oder arm, und zuweilen selbst verschwindet das Erz stellenweise gänzlich, um in einiger Entfernung wieder aufs Neue aufzutauchen.

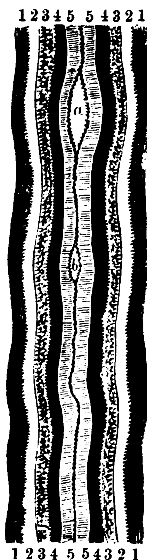
Die Richtung oder das Streichen der Gänge wird entweder mit der gewöhnlichen oder mit der bergmännischen Boussole bestimmt, welche in 12 Stunden eingetheilt ist. Das Fallen bestimmt man durch den Winkel, welchen der Gang mit einer senkrechten Linie bildet, und durch die Himmelsgegend, nach welcher hin er von dieser Linie abweicht. Selten nur sind die Gänge vollkommen senkrecht oder saiger, wie die Bergleute sich ausdrücken; noch viel seltener aber horizontal oder söhlich; meistens bilden sie einen Winkel von 60 bis 80 Grad mit dem Horizonte. Bei dieser schiefen Stellung kann man deshalb an ihnen eine obere und eine untere Wand unterscheiden, erstere wird von den Bergleuten mit dem Namen des Hängenden (*toit*), letztere mit demjenigen des Liegenden (*mur*) bezeichnet.

Die Berührungsflächen der Gänge mit dem einschliessenden Muttergestein, die meistens eine besondere Structur zeigen, tragen den Namen der Saalbänder. Meist gehen die Gänge an der Oberfläche der Gebirge in verändertem und oxydirtem Zustande zu Tage und oft unterscheidet man sie von dem umgebenden Gestein durch die abweichende Verwitterung, bald als vorragende Mauern, bald als vertiefte Gräben. Ihre Mächtigkeit beträgt selten mehr als zwei Meter, ihre Tiefe ist meistens unergründlich, und ihre Länge oft bis auf einen Kilometer und mehr verfolgbar.

Im Innern der Gänge finden sich die Mineralien meist in parallelen Zonen oder dünnen Schichten, welche symmetrisch längs der Saalbänder sich hinziehen, und sowohl durch verschiedene

Färbung und Krystallisirung als auch sehr oft durch verschiedenartige Zusammensetzung sich unterscheiden. Die verschiedenartigen Zonen entsprechen einander von den Saalbändern nach innen hin durchaus in derselben Weise. Sie folgen den Unregelmässigkeiten der Gangwände sehr genau und lassen öfters in der Mitte einen leeren Spaltenraum, der hier und da sich erweitert und Krystalldrusen und Höhlungen bildet. Sehr häufig finden sich bei grösseren, im Inneren der Gänge eingeschlossenen Massen und Trümmern, die Zonen und Bänder auch um diese herum ganz so symmetrisch abgelagert wie längs der Saalbänder, und nicht minder häufig sieht man die Krystalle der äusseren, den Saalbändern zugewandten Schichten so in die Masse der nächstfolgenden Schichten eingreifen, dass die Grenzen beider wie Zähne einer Säge gezackt erscheinen. Der beigefügte ideale Durchschnitt eines Ganges (Fig. 473) soll diese Verhältnisse näher anschaulich machen.

Fig. 473.



Idealer Längendurchschnitt eines Ganges mit symmetrischen Bänderzonen.

Die mit gleichen Ziffern bezeichneten Zonen 1, 2, 3, 4 und 5 entsprechen sich hier symmetrisch und lassen in der Mitte bei *a* und *b* Krystalldrusen zurück, die einen inneren leeren Raum in sich fassen. Man hat in einzelnen Gängen bis zu 14 symmetrischen Bänderzonen auf jeder Seite gezählt, die alle durch verschiedene Farbe, Structur oder Zusammensetzung sich leicht erkennen liessen. Es unterliegt demnach keinem Zweifel, dass die Gänge ausgefüllte Spalten sind, welche nach und nach durch die Gangmassen erfüllt wurden; oft sind die Lippen der Gänge verworfen und aneinander hergeglitten, wodurch bedeutende Reibungsspuren, geglättete Spiegelflächen mit Spiegel, Ritzen und Streifen, sogenannte Gangspiegel, entstanden sind. Die Absätze der Gangmassen selbst sind gewiss grösstentheils aus dem Wasser erfolgt, wie dies schon aus der schönen Krystallisation vieler oft ganz unschmelzbarer Mineralien, wie z. B. des Quarzes, hervorgeht. Am seltensten wohl sind die Sickerwasser von oben

her in die Spalten eingedrungen, obgleich auch für diese Ausfüllungsweise unläugbare Beispiele vorhanden sind; zuweilen wurden die Stoffe durch aus der Tiefe durch die Spalten aufsteigende Quelladern abgesetzt; gewöhnlich geschah wohl der Absatz aus der durch die Felsmassen der Spaltwände selbst durchdringenden Feuchtigkeit, worin auch der Grund liegt, dass die Saalbänder der Gänge fast immer noch dieselben Mineralstoffe, wie das Ganggestein, wenn auch in sehr geringer Quantität enthalten. Die Ausfüllung der Gänge durch Absätze aus Sickerwassern erfolgte indess jedenfalls in sehr langen Zeiträumen, und es reichte dann, wie genauere Berechnungen zeigen, selbst ein ausserordentlich kleiner Gehalt dieses oder jenes Stoffes in einem Sickerwasser hin, um im Laufe von Jahrtausenden einen Gang gänzlich auszufüllen. Andererseits darf man nicht vergessen, dass erzführende Substanzen auch durch trockne Sublimation, wie sie in Vulcanen und vulcanischen Spalten stattfindet, abgelagert werden können, und dass einzelne Gänge auf diese Weise vielleicht erfüllt worden sind. Man hat an manchen Orten beim Abreissen alter Hoch- und Flammenöfen, in welchen verschiedene Erze bereitet wurden, die Klüfte der Mauern und Steine mit den mannigfaltigsten Erzen ausgekleidet gefunden, die nur durch trockne Sublimation dorthin gelangt sein konnten.

§. 336. Die sogenannten Seifengebirge sind lediglich Resultate der Verwitterung erzführender Gesteinsmassen, innerhalb welcher das Erz sich in meist losem Zustande befindet, während es in den benachbarten anstehenden Gesteinen in Gängen oder Adern gefunden wird. Da die Sand- und Grussmassen, welche aus der Verwitterung hervorgehen, meistens von den Gewässern weggeführt werden, so finden sich diese Erzlager gewöhnlich in den Vertiefungen und Thälern. Mit Ausnahme des Zinnes, das in Sachsen, Cornwallis und auf der malayischen Halbinsel aus dem Sande ausgewaschen wird, sind es deshalb meist nur Gold, Platin und Diamanten, die zur Ausbeutung solcher Lagerstätten Veranlassung geben. Diese Metalle finden sich im gediegenen Zustande besonders im Quarze der Gebirge und häufen sich vermöge ihrer Schwere beim Wegschwemmen an den tieferen Stellen an. Die Lagerstätten des Ural, Californiens, Afrikas und Australiens sind lediglich solche Seifengebirge, welche durch die Verwitterung der anstehenden Gesteine stets neuen Zuschuss an Metall erhalten.

11. Die Umwandlung der Gesteine.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass alle Elemente, welche die feste Erdkruste, die Gewässer und die Atmosphäre zusammensetzen, in steter Wechselwirkung auf einander sich befinden, und dass deshalb die Gesteine, auf deren Studium die Geologie sich stützt, fast niemals in demjenigen Zustande uns gegenüber treten, in welchem sie sich absetzten. Eine gewisse Metamorphose hat demnach wohl in allen Gesteinen Platz gegriffen; man hat sich indessen daran gewöhnt, nur diejenigen Gesteine als metamorphische zu bezeichnen, in welchen auffallende Veränderungen, besonders in Hinsicht der innern Structur, stattgefunden haben. Die krystallinischen Schiefer, wie Gneisse und Gneissgranite, die von Quarz, Glimmer und Talk durchdrungenen Gesteine, deren Lagerung auf ursprüngliche Schichtung hinweist, während ihre Zusammensetzung mehr den ungeschichteten Gesteinen entspricht, werden bei diesem Ausdrucke wesentlich in das Auge gefasst, da in ihnen offenbar grossartige Veränderungen vorgegangen sind. Gewöhnlich finden sich diese metamorphischen Gesteine im Umkreise der eruptiven Gebirgskerne, oder in solchen Gegenden, wo ältere der Uebergangsperiode angehörige Gesteine abgelagert sind; und meist findet man in ihnen eine bedeutende Zerklüftung und Zersplitterung sowie Verwerfung der Schichten, welche auf gewaltige Einwirkungen von unten her schliessen lassen. §. 337.

Während derjenigen Entwickelungsperiode der Geologie, in welcher man sich mehr auf das Studium der vulcanischen Gesteine und ihrer Hebungswirkungen warf, suchte man auch den Metamorphismus durch unmittelbare, directe Einwirkung der feuerflüssigen Massen zu erklären. Man fusste viel zu sehr auf den einfachen geologischen Thatsachen, auf den Lagerungsverhältnissen, und indem man die chemische Seite der Frage gänzlich vernachlässigte, kam man zu Theorien, welche in mancher Hinsicht baare Unmöglichkeiten einschlossen.

In neuerer Zeit wendet man der chemischen Seite des Metamorphismus die grösste Aufmerksamkeit zu; die hauptsächlichste Schwierigkeit, welche sich Untersuchungen dieser Art entgegenstellt, liegt in der Beschränkung der chemischen Untersuchungsmittel, welche die Natur uns entgegenführt, verbunden mit der Zeitdauer, während welcher diese Processe von Statten

gingen. Mengen von Stoffen, welche ihrer Geringfügigkeit halber durch die aufmerksamste Untersuchung und die schärfsten Reagentien oft kaum nachgewiesen werden können, üben nichtsdestoweniger in langen Zeiten eine gewaltige Wirkung aus, die dann zuweilen in gewaltiger Massenentfaltung uns entgegentritt. Gerade diese Resultate lange dauernder Wirkung äusserst geringer Substanzquantitäten leiten indess oft zur Erkenntniss der Wahrheit; so leiten die Absätze aus Quellen oft auf Bestandtheile in dem Quellwasser, die in so ausserordentlich geringer Menge vorhanden sind, dass sie nur bei der Analyse einer grossen Menge von Wasser erkannt werden können; so weisen die Pseudomorphosen der Mineralien, in welchen durch unendlich lange dauernde Wirkung gewisse Mineralien durch andere verdrängt werden, auf chemische Processe hin, die sonst ihrer Geringfügigkeit halber nicht würden erkannt werden.

Die chemische Wirkung durch die gewöhnlichen Agentien ist besonders dadurch ermöglicht, dass alle Substanzen ohne Ausnahme vom Wasser bis auf einen gewissen Grad durchdrungen werden, und in demselben einigermaassen löslich sind. Geringe Mengen von Kohlensäure, von Kieselerde, von Kalk, von verschiedenen anderen chemischen Agentien werden durch die Sickerwasser in die festen Gesteine eingeführt und üben dort eine langsame aber nachhaltig dauernde Wirkung aus, deren Resultate im Laufe von Jahrtausenden sich summiren, und so endlich als vollständige Metamorphose uns gegenüber treten.

Es kann nicht in dem Plane dieses Buches liegen, die einzelnen Processe zu verfolgen, welche bei der Umwandlung der Gesteine sich geltend machten. Die chemische Seite der Geologie ist noch viel zu wenig ausgebeutet, ihr Studium viel zu sehr in der Kindheit, als dass nicht über eine Menge von Fragen noch Ungewissheit herrschen sollte, so dass oftmals zwei Ansichten sich schroff einander gegenüber stehen. Je weiter man indessen vorschreitet, desto mehr häufen sich die Thatsachen, welche den hebenden Kräften nur einen prädisponirenden Einfluss zur Metamorphose durch Zerklüftung und Zersplitterung der Schichten zuschreiben, in den Sickerwassern aber und den darin aufgelösten Stoffen die wesentlichen Agentien derselben erkennen.

11. Hebungssysteme der Gebirge.

Zur Bestimmung des relativen Alters der Gebirge hat man §. 338.
sich der Lagerung der einzelnen Schichten bedient und folgende Sätze aufgestellt. Alle Schichten wurden ursprünglich horizontal abgelagert, jede Aenderung dieser ursprünglichen Horizontalität ist demnach das Resultat späteren Einflusses. Da die geschichteten Gesteine sich aus dem Wasser niederschlugen, so ist, wenn keine spätere Einwirkung das Verhältniss umkehrte, was leicht geschehen kann, die unterliegende Schicht jedenfalls die ältere, die darauf gelagerte die jüngere. Hätte das Meer, in welchem sich die Schichten absetzten, gleichförmig die ganze Erde umgeben, so würde man die Erdrinde etwa mit den Schalen einer Zwiebel vergleichen können, deren einzelne Blatthüllen um so älter wären, je näher sich dieselben dem Innern der Erde befänden. Da aber die älteren Schichten vor dem Absatz der jüngeren vielfache Hebungen und Senkungen erlitten, Gebirge und Thäler bildeten, so schlugen sich die jüngeren Schichten nur im Umkreise der erhobenen Gebirgsinseln nieder, deren Ränder die Meeresufer bildeten. Man wird also bei einer Bergkette, an deren Fuss horizontale Schichten abgelagert sind, in der Existenz dieser Schichten eine Handhabe zur Bestimmung der Epoche besitzen, innerhalb welcher die letzte Hebung stattfand, indem diese nothwendig vor der Ablagerung der horizontalen Schichten Platz gegriffen haben muss. Fände man z. B. eine Bergkette, in welcher die Portlandschichten des Jura aufgerichtet wären, während das untere Neocomien an dem Fuss horizontale Schichten bildete, so würde man folgern können, dass die Hebung sicherlich zwischen der Ablagerung beider sich unmittelbar folgenden Schichtengruppe geschehen sei. Sollte es der Fall sein, dass mehre Schichtengruppen fehlten, dass z. B. der Portland aufgerichtet wäre, die ganze Kreidegruppe aber fehlte und erst die Mollasse sich horizontal am Fusse ausbreitete, so würde freilich für die genauere Bestimmung der Hebungsepoche eine weitere Grenze gegeben sein. Bei mehrfältigen Hebungen, die in verschiedenen Epochen stattgefunden haben, wird die Lagerung der verschieden aufgerichteten Schichten zu einander ebenfalls Aufschlüsse geben können. Gesetzt z. B., man fände die Schiefer der Uebergangsformation fast senkrecht aufgerichtet, über ihnen, etwa mit 20 Grad geneigt und in übergreifender Lagerung triasische Schichten, und

endlich ganz oben in horizontaler Lagerung die Kreidegebilde, so würde man daraus auf zwei Hebungen schliessen können, von welchen die eine vor, die andere nach dem Absatz des triasischen Gebirges stattgefunden hätte.

Die meisten Gebirgsketten stellen nicht nur einfache Wölbungen, sondern Risse dar, in welchen die hebenden Substanzen, die krystallinischen Gesteine, an die Oberfläche gekommen sind. Zerlegt man eine Bergkette in ihre einzelnen Elemente, so wird man finden, dass dieselben mittlere Streichungslinien der Risse besitzen, die in dem Gebirge selbst sich so ziemlich parallel bleiben. Man hat aus dieser Thatsache geschlossen, dass Ketten, welche gleiche Streichungslinien besitzen, auch einer gleichen Ursprungszeit angehören. Bei der Bestimmung des Alters der Gebirge muss aber dieser letztere Charakter stets demjenigen der gehobenen Schichten nachgesetzt werden.

§. 339. Man hat, auf die oben angegebenen Principien gestützt, verschiedene Hebungssysteme der Gebirge unterschieden, die wir in dem Folgenden kurz anführen, ohne auf die Folgerungen weiter einzugehen, welche man aus den Beobachtungen gezogen hat.

1. System der Vendée. Die Glimmerschiefer und Granite, sowie die seidenglänzenden, grünen Schiefer von Belle-Isle sind in der Richtung von N. 14°, 32m W. gehoben.

2. System des Finisterre. Gehobene Gebilde: Untersilurische Schiefer in der Bretagne, in Schweden, Finnland und Schottland. Richtung: O. 12°, 21m N.

3. System von Longmynde. Gehobene Gebilde: Silurische Gesteine in England, Bretagne, im Erzgebirge und Scandinavien. Richtung: N. 31°, 15m O.

4. System des Morbihan. Silurische Gesteine der Bretagne, des Erzgebirges und Böhmerwaldes. Richtung: N. 43°, 58m O.

5. System des Westmoorland und des Hundsrück. Gehobene Gebilde: Obersilurische Gesteine in Westmoorland, Cornwallis, Scandinavien, Ardennen, Hundsrück, Bretagne, Erzgebirge und Vogesen. Richtung: O. 31°, 30m N.

6. System der Belchen und des Harzes. Gehobene Gesteine: Devonische Schichten und Kohlenkalk in den Vogesen, dem Schwarzwalde, am Harze, in der Bretagne, in Scandinavien und Russland. Richtung: W. 6°, 17m N.

7. System des Forez. Hebungsepoche: Zwischen dem flötzleeren Sandstein und der eigentlichen. Steinkohlenbildung der Ufer des Steinkohlenmeeres in allen Ländern. Richtung: N. 11°, 50^{m} W.

8. System von Nordengland. Hebungsepoche: Zwischen dem Kohlengebilde und dem rothen Todtliegenden. Richtung: N. 2°, 30^{m} O.

9. System der Niederlande und von Wales. Hebungsepoche: Nach der Ablagerung des Zechsteins und vor derjenigen des bunten Sandsteines, in Mansfeld, im belgischen und pfälzischen Kohlenbecken. Richtung: O. 2°, N.

10. System des Rheins. Hebungsepoche: Nach der permischen Formation und vor dem Absatze des bunten Sandsteines, besonders bemerklich in den Vogesen und dem Schwarzwalde. Richtung: N. 21°, 4^{m} O.

11. System des Thüringerwaldes, des Böhmerwaldes und des Morbihan. Hebungsepoche: Nach der Ablagerung des Keupers und vor derjenigen des Lias. Bildung der Ufer am Jurameere. Richtung: W. 36°, 47^{m} N.

12. System des Erzgebirges und der Côte d'Or. Hebungsepoche: Nach dem Absatz der Juraschichten und vor demjenigen der unteren Kreidebildung. Bildung der Ufer des Kreidemeeres. Richtung: O. 35°, 55^{m} N.

13. System des Mont Viso und des Pindus. Hebungsepoche: Nach dem Absatze des Grünsandes, vor demjenigen der oberen Kreide. Richtung: N. 21°, 51^{m} W.

14. System der Pyrenäen. Hebungsepoche: Nach dem Absatz der Nummulitenschichten und vor demjenigen des Grobkalkes. Richtung: W. 23°, 3^{m} N.

15. System von Corsica und Sardinien. Hebungsepoche: Nach dem Grobkalke und vor der Mollasse. Richtung: N. 1°, 11^{m} W.

16. System der Tatra, der Insel Wight, des Rilo-Dagh und des Hämus. Hebungsepoche: Vor dem Absatz der Mollasse, sehr bemerklich auch in den Westalpen vom Genfer See bis nach Zürich hin. Richtung: O. 4°, 32^{m} N.

17. System der Sancerrois und des Erymanthus. Hebungsepoche: Vor dem Absatze der Faluns. Richtung: O. 22°, 18^{m} N.

18. System der Westalpen. Hebungsepoche: Nach der Mollasse. Richtung: N. 28°, 19^{m} O.

19. System der Ostalpen. Hebungsepoche: Nach dem Absatze der Subapenninengebilde. Richtung: O. 14°, 11^{m} N.

20. System des Tenare, des Aetna und des Vesuvs. Hebungsepoche: Im Beginne der jetzigen Zeit. Richtung: N. 15°, 46^{m} O.

13. Verschiedene theoretische Ansichten.

§. 340. Die theoretischen Ansichten über die Bildung der festen Erdkruste im Allgemeinen, sowie der Gebirge im Besonderen, befinden sich gegenwärtig in einem Zustande von Gährung, aus welchem namentlich zwei schroff einander gegenüberstehende Betrachtungsweisen hervortreten dürften, innerhalb welcher die übrigen mehr vermittelnden Ansichten sich bewegen. Wir haben in dem Bisherigen vorzugsweise die noch jetzt bei der Mehrheit herrschenden Ansichten angewendet, welche ursprünglich besonders auf den Arbeiten von Leopold von Buch beruhen, seither aber in vielfältiger Weise modificirt wurden. Die geologische Sprache ist in der That so auf die herrschenden Ansichten gegründet, dass es schwer hält, denselben zu entsagen und die Principien der Opposition in diese Sprache überzuführen. Man kann die eine der entgegengesetzten Theorien die physikalische, die andere die chemische nennen.

Die physikalische Ansicht geht von der Existenz eines feuerflüssigen Centralkernes der Erde aus; sie gründet die Annahme desselben auf die beobachtete Wärmezunahme im Innern der Erde und auf die Existenz der Vulcane, welche dieser Ansicht zufolge offene Kamine sind, die mit dem innern flüssigen Erdkerne in Verbindung stehen. Während die Erde allmälig erkaltete, erstarrte zuerst die äusserste Lage und bildete eine festere Kruste, auf welcher sich Wasser ansammeln und die verschiedenen Schichtensysteme nach und nach niederschlagen konnte. Die Unebenheiten der Erdkruste, die Berge und Thäler, die Seebecken und Landstrecken wurden durch den Gegenstreit des innern feuerflüssigen Kernes gegen die zunehmende Schichtenmasse der Kruste durch Hebungen erzeugt, welche durch im Innern eingeschlossene Dämpfe bedingt wurden. Durch diese Hebung wurden die äusseren Schichten aufgewulstet, gewölbartig emporgehoben, zerklüftet, zerrissen, theilweise sogar über-

stürzt. Häufig treten die hebenden Massen selbst im Innern der auf solche Weise gebildeten Gebirge zu Tage, wo sie dann in Form krystallinischer Massen auftreten und namentlich in dem Granit ihren Urtypus zeigen. An vielen Orten aber ging der Aufbruch nicht so tief, dass die hebenden Massen selbst zu Tage hätten treten können, und dann zeigen sich nur untere Schichten in mehr oder minder gewölbartiger Stellung. Das Andringen feuerflüssiger Massen, die jetzt als krystallinische Gesteine auftreten, wird am besten bewiesen durch die Ausfüllung von Gängen und Spalten, welche die geschichteten Gesteine durchsetzen und häufig von einer krystallinischen Centralmasse ausgehen. Die Umwandlung der Gesteine, welche namentlich in der Nähe der krystallinischen Centralmassen so bemerklich ist, wurde hauptsächlich durch die unmittelbare Einwirkung der feuerflüssigen Massen, sowie der bei der Hebung mitwirkenden Dämpfe bedingt. Die jetzigen vulcanischen Ausbrüche sind nur schwache Nachkommen jener Kraftäusserungen, welche in früheren Zeiten die Bildung ungemein grosser Gebirgsstrecken auf der Erde veranlassten.

Die chemische Ansicht ist in neuester Zeit hauptsächlich §. 341.
von Bischof und Volger ausgebildet worden und beruht wesentlich auf den Wirkungen, welche das Wasser und die in ihm enthaltenen gelösten Stoffe auf die niedergeschlagenen Schichten ausüben. Dieser Ansicht zufolge sind die Vulcane nur locale Erscheinungen, die an gewissen Stellen in geringer Tiefe ihren Heerd haben und deren Ausbrüche durch chemische Reactionen bedingt werden. Ein feuerflüssiger Erdkern existirt dieser Ansicht nach durchaus nicht und demnach sind auch alle diesem Erdkerne zugeschriebenen Hebungswirkungen nicht von diesem hervorgebracht. Die meisten derjenigen Gesteine, welche die Hebungstheorie als früher feuerflüssige Massen auffasst, sind nicht in diesem Zustande von unten heraufgepresst, sondern in den schon vorher bestandenen Spalten nach und nach durch Umwandlung gebildet. Die Trappe und Grünsteine, die Serpentine und Porphyre, sowie auch die Granite sind namentlich in diesem Falle; nur die Basalte sind noch wirklich vulcanische, aus der Tiefe hervorgequollene und häufig in Gangspalten eingepresste Massen. Die grossen stockförmigen Gebilde der Granite, Porphyre u. s. w. sind aus allmäliger Umwandlung ursprünglich geschichteter Massen und namentlich aus Kalksteinen hervorgegangen. Diese allmälige Umwandlung wird namentlich an manchen Stellen der Alpen mit grosser Ueberzeugung nachgewiesen

und gezeigt, wie durch den höchst langsamen Einfluss der Sickerwasser in dem Kalke zuerst Glimmer, dann Feldspath, dann Quarz krystallinisch abgesetzt, der Kalk dagegen nach und nach aufgelöst und weggeführt wurde. Die mit so vielem Erfolge studirten Pseudomorphosen der Mineralien geben hier die Anhaltspunkte zur Erläuterung der Aufeinanderfolge dieser Umwandlungen, welche äusserst langsam in ungemein ausgedehnten Zeiträumen sich verwirklichten. Da alle Gesteine, selbst die festesten, beständig von Wasser, welches verschiedene Stoffe gelöst enthält, durchdrungen sind, so setzt sich auch der Process der Umwandlung in der Jetztzeit fort und findet nicht nur in einzelnen Gesteinen, sondern in allen ohne Ausnahme, freilich in verschiedener Weise, statt.

Aus derselben Umwandlung, sowie aus der beständigen Auflösung und Umkrystallisirung, welche in dem Inneren der Gesteinschichten vorgeht, lassen sich auch viele Erscheinungen erklären, welche die Hebungstheorie als Folge der vulcanischen Wirkung und der Reaction des feuerflüssigen Erdkernes gegen die starre Rinde auffasst. Die Erdbeben sind häufig durch das Nachsinken und Zusammenstürzen der oberen Schichten verursacht, welche durch Auswaschung von in der Tiefe befindlichen löslichen Schichten ihrer Unterstützung beraubt wurden. Namentlich in solchen Gegenden, wo keine Vulcane in der Nähe sich nachweisen lassen, sind die Erdbeben bedingt durch das Auswaschen von löslichen Gypsschichten, die in der Tiefe sich vorfinden und durch die unterirdischen Sickerwasser nach und nach weggeführt werden. Das Einsenken der Schichten erzeugt Erschütterungen, welche sich stossweise wellenförmig in Kreisen fortpflanzen.

Die Hebungen und Senkungen, die Gewölbbildungen und Zerreissungen der Schichten sind hauptsächlich dadurch bedingt, dass die ursprünglich horizontal abgelagerten Schichten durch die allmälige Umkrystallisirung eine Ausdehnung erlitten und in Folge dieser Ausdehnung sich ebenso falteten und knitterten, wie angefeuchtetes Papier selbst unter einem starken Drucke sich faltet. Selbst nur eine geringe Ausdehnung genügt bei der grossen Ausbreitung der Schichten, um förmliche Aufstauungen und Zerreissungen hervorzubringen. Die auf diese Weise entwickelte Kraft ist vollkommen unwiderstehlich und wirkt um so nachhaltiger, je grösser der Druck ist, der auf den Schichten lastet. Die Schichten sind deshalb um so mehr gefaltet, zerworfen, zerklüftet und zerrissen, je weiter die Umwandlung in ihnen fortge-

schritten ist, woraus es sich denn auch erklärt, dass die jüngeren Schichten weniger als die älteren zerworfen sind. Die Hebung der Gebirge ist aber durchaus nicht in einem gewissen Zeitraume vollendet, sondern schreitet noch stets, wenn auch in unmerklichem Maassstabe, ebenso fort, wie auch die innere Umwandlung und Umkrystallisirung der Schichten beständig fortschreitet.

Wie aus dieser kurzen übersichtlichen Darstellung der einander gegenwärtig gegenüberstehenden Theorien erhellt, so widersprechen sich dieselben in den meisten Punkten so sehr, dass kaum eine Vermittelung möglich scheint. Es lässt sich indessen wohl denken, dass eine solche um so eher vorhanden sei, als man in der Natur wohl stets den Satz anwenden kann, dass zwar gleiche Ursachen gleiche Wirkungen hervorbringen, während auf der anderen Seite es durchaus nicht gesagt ist, dass gleiche Wirkungen auch auf gleiche Ursachen zurückgeführt werden müssen. So können wellenartige Erschütterungen des Bodens, Erdbeben, ebensowohl durch vulcanische Ausbrüche, wie durch Einstürzen von Schichten bedingt werden. So schliesst der Umstand, dass gangartige Massen offenbar durch Sickerwasser umgewandelt wurden, nicht aus, dass diese Gangausfüllungen ursprünglich, wie vulcanische Massen, aus der Tiefe hervorgepresst seien. Kurz, es handelt sich hier, wie in so vielen anderen Feldern der Naturbeobachtung, um die genaue Erforschung eines jeden einzelnen Falles und um die Erschliessung der daraus hervorgehenden Ursachen, nicht aber um die allgemeine Anwendung absoluter Theorien, welche für den einen Fall gelten können, für den anderen aber ungerechtfertigt wären.

14. Geologische Architektur Deutschlands und der Schweiz.

Die Vertheilung der Gebirgsgruppen im Grossen und den Einfluss derselben auf das menschliche, thierische und pflanzliche Leben zu schildern, ist eine zu umfassende Aufgabe, als dass wir hier mehr als Andeutungen geben können. Nach der Oberflächenbildung kann man wohl drei Abtheilungen auf dem deutschen Boden unterscheiden: das nordische Tiefland, das mittlere Hügelland und das südliche Gebirgsland, das vorzugsweise von der Alpenkette gebildet wird. In Beziehung auf die geologische Structur zeigt sich in dem Tieflande und in dem Alpenlande ein §. 342.

gewisser gleichförmiger Charakter, der über die ganze Gegend ausgebreitet ist; freilich mit dem Unterschied, dass das Tiefland in dieser gleichförmigen Bildung zugleich grosse Monotonie, das Alpenland dagegen die grösste Mannigfaltigkeit der äusseren Oberflächenform zeigt. Hinsichtlich des Mittellandes ist es schwer, grössere Gruppen aufzustellen, welche einzelnen geologischen Epochen oder bedeutenderen durchgreifenderen Bildungen entsprächen. Die Zerstückelung, welche der politische Charakter Deutschlands ist, spricht sich ebenso in der Mannigfaltigkeit der geologischen Bildungen des Mittellandes aus.

§. 343. Das norddeutsche Tiefland bildet nur einen Theil jenes weiten Tieflandes, das sich längs den Ufern der Nord- und Ostsee von Holland durch Norddeutschland nach Polen und Russland hinein erstreckt. Es wird nach Süden hin von den Vorhügeln der Ardennen und des rheinischen Schiefergebirges durch eine Linie begrenzt, welche sich von Calais über Brüssel nach Cöln, Düsseldorf, Wesel, Hamm, Rheina, Fürstenau, Hannover, Braunschweig, Dessau, Leipzig, Torgau und Glogau wegzieht, dem Laufe der Oder nach bis gegen Brieg hin vordringt und dann über Kalisch und Warschau nach Lublin und Lemberg sich weiter fortsetzt. Es sind also das rheinische Schiefergebirge, der Teutoburgerwald, das Wesergebirge, der Harz mit seinen Vorhügeln bei Magdeburg, die Vorhügel des Erzgebirges, der Oberlausitz, des Riesengebirges, der Sudeten und der Höhenzug von Tarnowitz, Trepnitz und Sandomir, welche dieses Tiefland nach Süden hin begrenzen. Einzelne Buchten strecken sich bei Cöln, Münster, Leipzig und Breslau bis tief in die Zwischenräume der genannten Gebirgsketten hinein, die in dem Wesergebirge und den Vorhügeln des Harzes am weitesten nach Norden hin vorspringen. Von besonderer Bedeutung ist in diesem Tieflande der Lauf der Flüsse, der sich in zwei grösseren Richtungen spaltet; einerseits der Hebungsrichtung des Harzes, andererseits derjenigen des rheinischen Schiefergebirges entsprechend. Ohne Zweifel sind die festeren Gebirgsschichten, welche in der Tiefe den Boden bilden und von neueren Ansammlungen überlagert sind, diesen Hebungsrichtungen nach gefaltet und theilweise zerrissen. Das Elbthal, von der Mündung bis zur Einmündung der Havel, die Depression, in welcher die Eisenbahn von Wittenberg über Berlin nach Frankfurt an der Oder läuft, und der Oderlauf von Frankfurt bis Oppeln zeigen ohne Zweifel eine der bedeutendsten Sprunglinien an, welche, der Richtung des Harzes folgend, in dem nordischen Tieflande sich

bemerklich macht. Dieser Riss ist auch dadurch bezeichnet, dass bei Rüdersdorf, in der Nähe von Berlin und bei Lüneburg ältere Gebirgsschichten, dort Muschelkalk, hier Keuper und Kreide, aus den mächtigen Geschiebmassen der Ebene auftauchen. In der Insel Helgoland treten im Verfolg dieser Linie ebenfalls ältere Schichten zu Tage. Durch die Kreidelager, welche an der Insel Rügen und an den dänischen Inseln hervortreten, wird eine zweite Parallellinie angedeutet, die aber grösstentheils von dem Meere überdeckt ist. Zwischen beiden in der Mitte liegt eine Hochebene, welche einerseits dem Laufe der Ebene, andererseits demjenigen der Netze und der Weichsel von Bromberg an entsprechend sich hinzieht, und die sogenannten Seeplatten darstellt, die in ihrer höchsten Höhe 400 Fuss über dem Meere erreicht und eine Menge kleiner, oft sehr tiefer kesselförmiger Seen zeigt. Mit Ausnahme der oben erwähnten vereinzelten Vorkommnisse von älteren Schichten ist der ganze Boden dieses nordischen Tieflandes aus Sand, Kies, Mergel und Sandlehm zusammengesetzt, die durchaus neueren Formationen angehören. Auf diesen Anschwemmungen lagern die erratischen Findlingsblöcke, die aus Scandinavien auf Eisflötzen herüberkamen und an vielen Orten die einzige Quelle zur Ausbeutung von Bausteinen liefern. Für den Geologen sind diese Gesteine, namentlich in der Mark Brandenburg, deshalb interessant, weil er aus ihnen sich fast eine vollständige Sammlung der in Scandinavien vorkommenden silurischen Versteinerungen sammeln kann. Da, wo die Diluvialgebilde der Oberfläche aus Thon und Mergel bestehen, sammeln sich die Gewässer oft an und bilden Torfmoore und sogenannte Marschen. An einigen Orten finden sich darin Kieslager, die fast nur aus Kieselschalen von fossilen Infusionspflanzen bestehen.

Unter der Diluvialdecke breitet sich die norddeutsche Braunkohlenformation aus, die nur in der Nähe der Gebirgsränder zu Tage geht, sonst aber durch bergmännischen Betrieb eröffnet werden muss. Das wesentlichste Product der alten Tannenwälder, welche zum Theil diese Braunkohlen gebildet haben, ist der Bernstein, der, von dem Meere ausgewaschen, an die Küsten geworfen wird. Durch den bergmännischen Betrieb hat man sich überzeugt, dass das Braunkohlengebirge durchaus nicht flach und eben hinstreicht, sondern überall Sättel und Mulden bildet, also ein Hügelland darstellen würde, wenn nicht die neueren Anschwemmungen diese Wellenbiegungen verdecken würden.

§. 344. Suchen wir uns nun die Bildung des **deutschen Mittellandes** nach geognostischen Gruppen klar zu machen, so dürfte man als Hauptpfeiler der ganzen Architektonik des Bodens vier Gebirgsgruppen erkennen, die theils in ihrem Umkreise, theils innerhalb ihres Umfanges selbst Structur und Relief des Bodens bestimmen und dem Ganzen einen bestimmten Charakter aufdrücken. Als grösstes einheitliches Ganzes stellt sich im Nordwesten das rheinische Schiefergebirge dar, an welches von allen Seiten her die jüngeren Formationen sich anlehnen. Nicht minder selbstständig zeigt sich im Norden der Harz als geschlossenes Kerngebirge mit vielfachen parallelen Rissen und Aufbrüchen, die sich durch das Wesergebirge nach Westen erstrecken. Als gewaltigen Gebirgsring stellt sich im Westen die zusammengehörige Masse des Fichtel- und Erzgebirges, des Riesengebirges, des mährischen Gebirges und des Böhmerwaldes dar, die als Ausläufer den Thüringerwald nach Westen entsendet. Endlich zeigt sich im Südwesten als bestimmender Kern das Kettenpaar der Vogesen und des Schwarzwaldes, von welchem aus das Albgebiet dem Donaulaufe entlang sich nach Osten erstreckt. Es umschliessen diese Gebirge ein höchst unregelmässig mittleres Hügelland, welches muldenartig von jüngeren Gebirgsschichten überlagert und dann noch von vulcanischen Gesteinen vielfach durchbrochen wird.

§. 345. Was nun zuerst das **rheinische Schiefergebirge** betrifft, so ist dieses schon in den Abschnitten der silurischen und devonischen Gebilde näher charakterisirt worden: es bildet vielfache Wellenbiegungen der älteren silurischen und devonischen Gesteine, von denen die jüngeren Schichten sich muldenförmig in den Biegungen der älteren abgelagert haben; das Plateau selbst steigt nur wenig über die Meeresfläche empor; es wird an vielen Stellen durch die Vulcane der Eifel, die Trachyte des Siebengebirges, die Basalte des Westerwaldes durchbrochen. Die Grenzen dieses ziemlich einförmigen Plateaus, das besonders an Eisenerzen an einigen Orten sehr reich ist, sind merkwürdig durch die successive Anlagerung der jüngeren Formationsgebilde. Im Norden wird die Grenze von dem belgischen und westphälischen Kohlenzuge, im Süden von dem pfälzischen Kohlenbecken gebildet, die an den betreffenden Orten näher beschrieben wurden. Als besonderen Charakter kann man im Norden das Fehlen der permischen, triasischen und jurassischen Formationen bezeichnen, indem die Kohlengebilde direct von der Kreide überlagert werden. Im Süden ist die Succession regelmässiger; der

Geologe, der von Trier über Luxemburg nach Verdun oder über Saarbrück und Metz nach Bar-le-Duc geht, durchschneidet successiv von dem Kohlengebirge an mächtige triasische und jurassische Ablagerungen, die weiter gegen Paris zu von den jüngeren Formationen überdeckt werden. Die östliche Südgrenze des Plateaus, der Südabfall des Taunus, wird von den Schichten des Mainzer Tertiärbeckens, die Ostgrenze von den Triasschichten des inneren Landes eingefasst, an deren Rande hier und da das permische System hervortritt. Der Geologe, welcher sich von der Formation des ganzen Gebildes eine Uebersicht verschaffen will, wird namentlich in der Umgegend von Lüttich die Kohlenformation, in der Eifel die Kalksteine und die Vulcane, in Saarbrück das innere pfälzische Kohlenbecken genauer untersuchen.

Der Harz bildet ein halbelliptisches Massengebirge, das §. 346.
seiner grössten Axe nach im Norden fast in Form einer geraden Linie abgeschnitten ist und dessen Kern aus erzführender Grauwacke besteht, welche sich um zwei an der nördlichen Grenze befindliche granatische Kuppen, den Brocken und den Ramberg, herumlagert. Von der südlichen Seite her, weniger steil ansteigend, zeigt er auch an der Südseite die Ueberlagerungen der jüngeren Schichten in regelmässigerer Folge als an der Nordseite, wo namentlich der Gürtel von Rothliegendem und Zechstein, der auf der Südseite durchgängig entwickelt ist, fast gänzlich fehlt. Nichtsdestoweniger ist die Nordseite des Harzes besonders deshalb interessant, weil dort ein kleines Becken existirt, welches an geringe Grauwackenhügel in der Nähe von Magdeburg und Haldensleben sich anlehnt, die eine Parallelfaltung des Bodens darstellen, welche in gleicher Richtung mit dem Harze streichen. In dieser kleinen Mulde, die man die braunschweigische nennen könnte, treten in verschiedenen Faltungen alle Formationen auf, die man überhaupt auf deutschem Boden finden kann, mit Ausnahme der Steinkohlenformation. Das Rothliegende und der Zechstein, der bunte Sandstein, Muschelkalk und Keuper, der Lias, der braune und weisse Jura, das Wäldergebirge, die sämmtlichen Gruppen der Kreideformation vom Hilsthon bis zum höhern Quadergebirge, die Tertiärbildungen der Braunkohlen, des Septarienthones, die Findlingsgesteine, die vom Norden her in diese Bucht eingedrungen sind, Torfbildungen und neuere Anschwemmungen finden sich alle auf dem Raume weniger Quadratmeilen zusammengedrängt, so dass man in wenigen Tagen alle diese Gesteinsschichten mehrmals zu Fusse durchkreuzen und ihre Verschiedenheit studiren kann. Da man etwa sechs parallele

Erhebungslinien oder Faltungen in diesem kleinen Gebiete vom Raume einiger Quadratmeilen nachweisen kann, so bedarf es freilich zur Führung der Beihülfe genauer geologischer Karten, die aber auch gerade diesen Landstrich zu einem classischen für deutsche Geologie machen.

Den Erhebungslinien des Harzes folgen nach Westen hin die beiden Parallelketten des Wesergebirges und des Teutoburgerwaldes, welche in der Gegend von Osnabrück etwa sich zusammenschliessen. Es sind diese beiden Gebirge Faltungen der geschichteten Gesteine, durch welche aber meistens nur die jüngeren Formationen an die Oberfläche gekommen sind. Nur am äussersten Westende der Ketten bei Ibbenbüren und Osnabrück treten die tieferen Gebilde des Steinkohlengebirges und des Zechsteines hervor. Die eigentlichen Ketten sind von dem Juragebirge, dem Wäldergebilde, das namentlich im Deister und Süntel entwickelt ist, und den Kreideschichten gebildet. Es sind zwei Lippen, gleichsam eines gewaltigen gesprungenen Gewölbes, das im Inneren die Triasbucht von Pyrmont einschliesst. Deshalb finden sich auch auf der ganzen Erstreckung des Wesergebirges die tieferen jurassischen Schichten des Lias und der braune Jura an dem Südrande entwickelt, während Wäldergebirge und Kreide nach Norden hin aufgelagert sind. Der umgekehrte Fall findet an dem Teutoburgerwalde statt, wo die tieferen Schichten im Norden, die höheren im Süden sich anlagern. Besonders bemerkenswerth ist an diesem Gebirge der Durchbruch der Weser an der Porta-Westphalica, der dem wandernden Geognosten einen deutlichen Durchschnitt durch sämmtliche Gebilde vom Keuper bis zu den Tertiärschichten giebt.

§. 347. Der Gebirgsring, welcher die Thäler der Eger, der Moldau und der oberen Elbe fast im Kreise umschliesst, wird in seinem nördlichen Theile hauptsächlich von dem Erz- und Fichtelgebirge auf dem linken Elbufer, von der Oberlausitz, dem Riesen- und Eulengebirge auf dem rechten Elbufer gebildet. Ganz allgemeiner Charakter dieses nördlichen Gebirgszuges ist das allmälige Ansteigen aus dem nordischen Tieflande und der steile Abfall gegen das ringsumschlossene böhmische Becken. Das Erzgebirge nebst dem sich daranschliessenden Hochplateau des Voigtlandes und des Frankenwaldes bildet im Ganzen genommen eine geneigte Fläche, die wesentlich aus Gneiss, Grauwacke und Glimmerschiefer besteht und so allmälig aus dem Tieflande sich erhebt, dass keine scharfe Abgrenzung zwischen seinen Vorhügeln und der nordischen Ebene stattfindet. Ein Saum von Porphyr-

hügeln erstreckt sich namentlich auf dem linken Ufer der Elbe bis zur Elster hin und scheint seine Fortsetzung in dem äussersten westlichen Ausläufer des ganzen Gebirges in dem Thüringerwalde zu finden. Auch an dem südlichen Fusse des Riesengebirges sind diese porphyrischen Gruppen bedeutend, während in der Lausitzer Gegend hauptsächlich Granit die Vorhügel bildet. Dringt man von der Leipziger Bucht in südlicher Richtung vor, so steigt man allmälig auf ein grosses wellenförmiges, von gewundenen flachen Thälern durchschnittenes Grauwackengebiet, das silurische und devonische Versteinerungen enthält, vielfältig von Verwerfungsspalten durchzogen ist, hier und da Kalkeinlagerungen enthält, sonst aber wesentlich aus Grauwacke und Thonschiefer besteht, die an vielen Orten von Diabas, Grünstein, Diorit durchbrochen werden. Im Ganzen herrscht in diesem einförmigen Gebiete eine grosse Aehnlichkeit mit dem rheinischen Schiefergebirge, doch mit dem Unterschiede, dass hier das ganze Plateau sich an mehre Granitkerne anlehnt, die sich in der Kuppe des Ochsenkopfes und des Schneeberges bis zu mehr als 3000 Fuss über die Meeresfläche erheben. Die Umgegend von Wunsiedel bildet etwa den Kern dieses eigentlichen Fichtelgebirges, an welchen sich bedeutende Gneissmassen bei Hof anschliessen. Für den Geologen sind besonders die Ränder dieses Hochplateaus interessant; nach Norden hin umsäumt der Zechstein das Ganze und seine Schichten fallen allmälig unter die Triasformation des thüringischen Beckens ein. Alle diese Schichten lagern sich in sanfter Neigung auf den allmäligen Abfall des Gebirges auf, und der Reisende, der von Lauterberg etwa dem Laufe der Saale über Saalfeld bis nach Rudolstadt folgt, durchschneidet auf diesem Wege nicht nur mehrfach die Versteinerungen führenden Schichten des Grauwackengebietes, sondern auch die permische Formation, den bunten Sandstein und den Muschelkalk, also den grössten Theil der triasischen Gebilde. Auf der Südseite finden andere Verhältnisse statt. Die Schichten sind hier entweder äusserst steil aufgerichtet oder selbst so abgeschnitten, dass sie von der bairischen Hochebene aus gegen das Gebirge hin einfallen, und so den Gneiss und die Grauwacke zu unterteufen scheinen, ein Verhältniss, welches bei den Alpen in noch weit grösserem Maassstabe eintritt. Das permische System fehlt hier fast gänzlich, dagegen ist die Formationsfolge der triasischen Gebilde bis zu dem fränkischen Jura vollständig entwickelt.

Nach Osten hin geht das Plateau des Fichtelgebirges mit seinen umschliessenden krystallinisch-schiefrigen Gesteinen all-

mälig in das einförmige Massengebirge des Erzgebirges über, dessen höchste Spitzen fast bis zu 4000 Fuss über der Meeresfläche ansteigen. Die krystallinischen Schiefer, Thonschiefer und Gneiss, sowie Grauwacke bilden die hauptsächlichste Masse des Gebirges, die vielfach von Grünsteinen, Graniten, Porphyren und selbst von Basalt durchbrochen ist und stellenweise bedeutend viele Erzgänge enthält. Die Umgegend von Freiberg und Annaberg ist in dieser Beziehung vor anderen ausgezeichnet. Merkwürdig sind besonders die nördlichen Ränder dieses Gebirges; im Nordwesten erstreckt sich eine parallele elliptische Gebirgsmasse hin, das Granulitgebirge von Waldheim und Mitweida, von einem Gürtel von Glimmerschiefer umgeben, von Granit durchbrochen, nach Norden hin in die porphyrischen Vorhügel der Wurzener Gegend sich verlaufend und von dem Erzgebirge durch eine weite Mulde getrennt, die sich über Zwickau, Chemnitz und Hainichen hinzieht, und hauptsächlich von Steinkohlen und Rothliegendem ausgefüllt ist.

Der Nordostrand des Erzgebirges zeigt andere Verhältnisse, die besonders durch die Ausfüllung des Elbthales mit Kreidegebilden bedingt sind. Schon bei der Behandlung der Quaderformation wurde auf diese Bucht aufmerksam gemacht, die, von Oberau aus dem Laufe der Elbe folgend, sich bis tief nach Böhmen hinein über Königgratz gegen Böhmisch-Tribau hin erstreckt, und nur von Quadergebirge und Pläner erfüllt ist. Es trennt diese Bucht den nordöstlichen Theil des Gebirgsringes, aus der Oberlausitz, dem Riesengebirge, dem Eulengebirge und dem mährischen Gebirge bestehend, von dem bisher beschriebenen westlichen Flügel. Die Lausitzer Granit- und Gneisszone erhebt sich allmälig gegen den Kamm des Riesengebirges hin, dessen Mittelpunkt von zwei elliptischen Granitmassen gebildet wird, die zwischen Reichenberg und Schmiedeberg sich hinerstrecken und ein elliptisches Gebirge bedingen, dessen höchste Spitzen, wie die Schneekoppe, sich bis zu 5000 Fuss über die Meeresfläche erheben. Diese höchsten Kuppen sind von Glimmerschiefer gebildet, der mit Gneiss, Thonschiefer und Grauwacke einen Kranz um die Granitkuppen bildet. An den Rändern ist namentlich gegen Schlesien hin die Gesteinsfolge am vollständigsten entwickelt, indem Kohlenformation, Rothliegendes, Zechstein, bunter Sandstein, Muschelkalk, Quadersandsteine und Pläner einander folgen, bis endlich die Braunkohlen und die neueren Anschwemmungen die Schichten verdecken. Auf der südlichen Seite des Gebirges fehlen dagegen alle Spuren vom permischen, triasischen und

jurassischen System, so dass die Quaderformation unmittelbar auf der Steinkohle auflagert.

Nach Süden hin wird der Gebirgsring von dem mährischen Hochgebirge und dem Böhmerwalde gebildet, die beide in ihrer inneren Constitution nur sehr wenig bekannt sind. Sie bestehen hauptsächlich aus granitischen Kernen, an welche weite Gneissgebiete sich anschliessen, die noch wenig erforscht sind, deren Südwestabhang aber namentlich deshalb interessant ist, weil dort fast die ganze Formationsfolge von der Grauwacke bis zum Jura entwickelt ist.

Besonders merkwürdig ist in dem erwähnten Gebirgsringe das böhmische Becken, das seinen einzigen Abfluss durch die Enge der Elbe zwischen Meissen und Pirna findet. Die ursprünglichste Ausfüllung dieses Beckens wurde durch die silurischen Schichten geliefert, die schon früher speciell beschrieben wurden. Auf diesen lagerten sich stellenweise Steinkohlen und Schichten von Rothliegendem ab, dann aber blieb das ganze Becken über Wasser und empfing keine weiteren Ablagerungen, bis dem Laufe der Elbe entlang die Kreidegewässer hineindrangen. Auf dem Quadersandstein und Pläner lagerten sich dann weite Schichten der Braunkohlenformation ab, die dann vielfältig von Basalt durchbrochen wurden. Dieses basaltische Mittelgebirge besteht aus einer Unzahl von Basalt- und Phonolithkuppen, die mit weiten geflossenen Basaltfeldern mit Basalttuffen und Wacken im Zusammenhange stehen und dem Südabfalle des Erzgebirges entlang eine Zone bilden, die nach Nordosten hin über Zittau und Görlitz zwischen das Riesengebirge und die Lausitzer Berge sich gewissermaassen einkeilt. Der Braunkohlensandstein und die Braunkohlen selbst, sowie die tieferen Schichten der Kreide sind auf die mannigfaltigste Weise theils von den schwammartigen Basaltkuppen durchbrochen, theils von den weiten verflossenen Plateaus überlagert, und offenbar steht die ganze vulcanische Zone auf der Fortsetzung einer Linie, die schon durch die Vulcane der Eifel, des Westerwaldes, des Vogelberges und der Rhön angedeutet wird.

Als eine zusammengehörige Gebirgsgruppe stellen sich im Südwesten Deutschlands der Schwarzwald und die Vogesen dar, welche einerseits in dem Odenwalde, andererseits in der Haardt ihre Ausläufer nach Norden finden. Eine tiefe Spalte, das mit neueren Geschieben ausgefüllte Rheinthal, trennt diese beiden Gebirgsketten, die sonst in ihrer Zusammensetzung grosse Aehnlichkeit zeigen. Allgemeiner Charakter dieser Ketten ist §. 348.

das steile Ansteigen der Gehänge von dem Rheinthale her und die allmälige Verflachung des wesentlich deutschen Gebirgszuges in das schwäbisch-fränkische Hügelland, der Vogesen in die Ebenen von Lothringen. Der Kern des Gebirges ist hauptsächlich im Süden auf der Strecke von Basel nach Baden-Baden entwickelt. Er besteht aus Granit und Gneiss, die sich in den bedeutendsten Höhen fast zu 5000 Fuss Meereshöhe aufschwingen. Nicht minder tritt auf der Strecke zwischen Heidelberg und Darmstadt in dem Odenwalde noch krystallinisches Kerngebirg, den Gipfel des Melibokus bildend, hervor, während in der entsprechenden Haardt keine Durchbrüche dieser Art beobachtet werden. Auf dem Granit und dem Gneiss ruht eine mächtige Sandsteindecke, Vogesensandstein und bunter Sandstein, auf welche von dem Gebirge ab die übrigen Glieder der Triasformation folgen, die auch in der tiefen Einsenkung des Gebirges zwischen Karlsruhe und Heidelberg, namentlich bei Bruchsal, Langenbrücken und Wisloch, bis an die Rheinebene vortreten. Besonderen Aufschluss über die Bildung des Gebirges geben dann noch die einzelnen Flächen jüngerer Gebilde, welche steil aufgerichtet an dem Rande der Rheinebene hier und da sich finden und Zeugniss ablegen, dass in dieser Spalte triasische und jurassische Schichten sich absetzten, die freilich grösstentheils durch den Löss und die übrigen Anschwemmungen des Rheinthales überdeckt sind. Nicht minder merkwürdig ist der vulcanische Durchbruch des Kaiserstuhles, der aus dem Rheinthal in der Mitte aufragt und aus gewaltigen Doleritmassen mit Basaltdecken besteht. Der Geologe, welcher von dem Kaiserstuhle aus über den Schönberg bei Freiburg nach dem Feldberge, und von da über Bonndorf und Stuhlingen nach Schaffhausen geht, durchkreuzt zweimal die gesammte Formationsreihe des Jura und des Trias bis zu den Tertiärgebilden der Mollasse und des Lösses. Im Inneren des Gebirges selbst sind die vielfachen Gletscherspuren und alten Seebecken bemerkenswerth.

Die Verbindung zwischen dem Schwarzwalde auf der einen und dem Böhmerwalde auf der anderen Seite stellt eine lange, dem Laufe der Donau parallel streichende Gebirgskette her, welche von Regensburg aus nach Norden sich krümmt, um in der Nähe von Bamberg und Baireuth sich unter das mitteldeutsche Hügelland zu verlieren. Diese Gebirgskette ist die rauhe Alb oder der süddeutsche Jura, wesentlich verschieden von den bisher behandelten Gebirgsstöcken durch ihre innere Bildung. Hier tritt uns kein hebender krystallinischer Kern entgegen; das

ganze Gebirge ist gleichsam eine einzige von Süden und Osten her ansteigende Kalkplatte, die nach und nach sich erhebt und dann plötzlich mit einem steilen Absturze gen Schwaben und Franken sich einsenkt. Wir haben oben bei der Betrachtung des deutschen Jura die einzelnen Glieder desselben kennen gelernt und brauchen hier nur noch zu erwähnen, dass die nach Süden sich abflachende Böschung aus den höchsten Schichten der Jurareihe besteht, während die tieferen Glieder, brauner Jura und Lias, in der Tiefe an dem steilen Stirnrande der Alb hervortreten. Der Anschluss an den Böhmerwald und das Fichtelgebirge ist nicht vollständig, von Coburg aus schiebt sich zwischen beide eine Bucht des grossen Triasbeckens über Baireuth bis gegen Amberg hin ein.

Der innere Raum zwischen den beschriebenen Gebirgsgegenden kann im Ganzen als die deutsche Triasmulde bezeichnet werden, indem in der That der grösste Theil des Bodens auf dieser ganzen Erstreckung von den drei Gliedern der Triasformation, dem bunten Sandsteine, dem Muschelkalke und dem Keuper, gebildet wird. In dieser Erstreckung kann man aber wieder drei untergeordnete Becken unterscheiden, welche durch den bunten Sandstein, der die Basis der Triasmulden herstellt, von einander getrennt werden: das grosse süddeutsche Becken, begrenzt von der Erhebungslinie des Thüringerwaldes und deren Fortsetzung gegen Westen, und im Norden des Thüringerwaldes östlich das thüringische Becken, westlich das waldecksche Becken, beide getrennt von einander durch die Erhebungslinie des Sollings. Wie man sieht, ist es hauptsächlich der Sporn des Thüringerwaldes, welcher diese Becken von einander trennt; es bildet dieser einen schmalen, scharfbegrenzten Ausläufer des Fichtelgebirges, der in seinem höchsten Punkte 3000 Fuss über dem Meere erreicht und wesentlich aus einem Kerne von Granit und Porphyr gebildet ist, der durch eine Zunge von Rothliegendem in der Mitte in zwei Theile getheilt ist. Vielfache Durchbrüche verschiedener Gesteine finden sich in dem mannigfaltig verworfenen Kerne dieses Gebirges, welches auf allen Seiten von Rothliegendem und von Zechstein umsäumt ist, die dann unter die allgemeine Sandsteindecke einschiessen. §. 349.

Ueber die drei verschiedenen Triasbecken, welche wir oben bezeichneten, ist wenig zu sagen. Der Muschelkalk liegt muldenartig im bunten Sandstein, der Keuper wieder in gleicher Lagerung auf dem Muschelkalke, und die beiden nordischen Becken sind so vollkommen ausgebildet, dass man Blomberg als den

Mittelpunkt des waldeckschen, Erfurt als denjenigen des thüringischen Beckens bezeichnen kann. Eine eigenthümliche Erscheinung stellt in der Mitte des waldeckschen Beckens das rundliche Erhebungsthal von Pyrmont vor, in dessen Tiefe der bunte Sandstein rings von Muschelkalk umsäumt zu Tage dringt. Das grosse schwäbisch-fränkische Becken ist eigentlich nur der Flügel eines solchen, indem der Muschelkalk und dann der Keuper in regelmässiger Folge sich an den bunten Sandstein des Spessarts und des Hessenlandes anlehnt. Eine von Eberbach am Neckar über Fulda nach Schmalkalden gezogene Linie läuft fast nur im bunten Sandsteine, und der Geologe, der in südöstlicher Richtung von dieser Linie ausgeht, wird, bis er den Lauf der Donau erreicht, sämmtliche Trias- und Juragebilde in einfacher Folge durchkreuzen; den Gegenflügel dieser Mulde bilden sicher erst die an dem Nordrande der Alpen steil aufgerichteten Triasschichten.

Besonders eigenthümlich sind noch in dem Raume zwischen Main und Weser die vielfachen basaltischen Durchbrüche, welche besonders in dem Vogelsberge und der hohen Rhön zu grösseren Massen zusammenschiessen, sonst aber eine Menge einzelner Kuppen bilden, die theils durch den bunten Sandstein, besonders aber durch die Braunkohlenablagerungen, welche überall auf der Triasmulde auflagern, durchgebrochen sind. Das Vogelsgebirge bildet die grösste zusammenhängende Masse, die in dem Taufsteine und der Felsbrücker Höhe einen Mittelpunkt zeigt, der sich 2500 Fuss über das Meer erhebt und von welchem aus nach allen Seiten schmale Radienthäler auslaufen. Die Erhebungslinie des Thüringerwaldes giebt sich in dieser basaltischen Gegend auch durch die aus dem Sandstein auftauchenden Zechsteingebiete bei Rothenburg, Richelsdorf, Witzenhausen und Allendorf an der Werra zu erkennen.

§. 350. Der Lauf der Donau von ihrem Ursprunge bis nach Wien und eine in der Richtung der oberen Donau fortgesetzte Linie, die über Schaffhausen, Solothurn, Neuenburg und Genf geht, scheidet das Alpengebiet von dem übrigen Deutschland ab. Die gewaltige Gebirgskette der Alpen, welche die Scheidemauer zwischen Italien und Deutschland bildet, gehört nur ihrem östlichen Theile nach zu letzterem Lande; sie zieht sich nach Westen hin durch die Schweiz und Savoyen, indem sie sich im Bogen um Piemont herumkrümmt und in dem Golf zwischen Toulon und Genua das Meer erreicht. Im Montblanc schwingt sie sich fast zu 15,000 Fuss Höhe hinan. Die Structur dieser ganzen

Kette ist eine äusserst verwickelte; sie besteht aus einer Reihe staffelartig an einander geschobener Granitkerne, um welche herum sich Gürtel von Gneiss und krystallinischen Schiefern schwingen, die auf beiden Seiten von mächtigen Kalkschichten, der Jura- und Kreideformation angehörig, und dann von den tertiären Lagern der Mollasse eingeschlossen werden.

Die Mollasse ist namentlich im Norden entwickelt und füllt den ganzen Raum zwischen Jura und Donau auf der einen Seite und den Kalkalpen auf der anderen Seite aus, deren Erstreckung etwa durch eine Linie angedeutet wird, die man von Wien über Salzburg, St. Gallen, Luzern und Genf ziehen kann. Dieses vielfach von vielen Flussthälern durchfurchte Plateau zeigt einen allgemeinen Oberflächenabfall gegen die Donau und die Aar hin, und bildet mit seinen steil aufgerichteten Schichten den äusseren Gürtel des Gebirges. Fernere eigenthümliche Charaktere des Alpengebirges bildet die Entwickelung der Nummulitenschichten und des Flysches, die Umwandlung der Kreideschichten in feste Kalke, welche der mittelländischen Kreide sich anschliessen, die vielfache Faltung der Jura- und Triasschichten und das Einfallen aller dieser Formationen gegen die Kerne hin, so dass längs derselben eine gewaltige Spalte existirt haben muss, in welcher die Schichten gleichsam abgekippt wurden. Bemerkenswerth ist auch noch die Ausstreuung der erratischen Gebilde in dem ganzen Umkreise der Alpen, welche durch die mächtige Ausdehnung der Gletscher in früheren Zeiten bedingt wurde. Eine genauere Schilderung des Gebietes, welches zu den Alpen gehört, ist wegen der Verwickelung ihres Baues unmöglich und müssen wir in dieser Beziehung auf die speciellen Schriften darüber verweisen.

Alphabetisches Register.

A.

C.

D.

E.

F.

G.

H.

I und J.

K.

L.

M.

O.

P.

Q.

R.

S.

U.

V.

W.

X.

Z.

Verbesserungen.

Seite 213 Zeile 6 von oben statt: südwestlichen lies: südöstlichen.
„ 278 „ 4 „ „ „ „ „ „